



REGIONALE

B. Prov.

XVII

310

NAPOLI

VITT. EM. III

~~3-3-14~~



~~3-3-14~~

~~106~~

~~3~~

~~1-9~~

B. Rev.

XVII

310-311

VOYAGE
DE HUMBOLDT ET BONPLAND.

QUATRIÈME PARTIE.

ASTRONOMIE.

DE L'IMPRIMERIE DE J. H. STONE.

64538

VOYAGE

DE HUMBOLDT ET BONPLAND.

QUATRIÈME PARTIE.

ASTRONOMIE.

PREMIER VOLUME.



A PARIS,

CHEZ F. SCHOELL, LIBRAIRE, RUE DES FOSSÉS-SAINT-GERMAIN-L'AUXERROIS, N.º 29.

1810.



RECUEIL

D'OBSERVATIONS ASTRONOMIQUES,

D'OPÉRATIONS TRIGONOMÉTRIQUES

ET DE MESURES BAROMÉTRIQUES.

DE L'IMPRIMERIE DE J. H. STONE.

RECUEIL
D'OBSERVATIONS ASTRONOMIQUES,
D'OPÉRATIONS TRIGONOMÉTRIQUES
ET DE MESURES BAROMÉTRIQUES,

FAITES PENDANT LE COURS D'UN VOYAGE AUX RÉGIONS ÉQUINOXIALES DU NOUVEAU CONTINENT,
DEPUIS 1798 JUSQU'EN 1803,

PAR ALEXANDRE DE HUMBOLDT;

Rédigées et calculées, d'après les Tables les plus exactes,

PAR JABBO OLTMANNS.

OUVRAGE AUQUEL ON A JOINT DES RECHERCHES HISTORIQUES SUR LA POSITION DE PLUSIEURS
POINTS IMPORTANS POUR LES NAVIGATEURS ET POUR LES GÉOGRAPHES.

PREMIER VOLUME.

A PARIS,
CHEZ P. SCHÖELL, LIBRAIRE, RUE DES FOSSÉS-SAINT-GERMAIN-L'AUXERROIS, N.º 29.
1810.

1111 1111

1111 1111 1111 1111

1111 1111 1111 1111

1111 1111 1111 1111

1111 1111 1111 1111

1111 1111 1111 1111

1111 1111 1111 1111

1111 1111 1111 1111

1111 1111 1111 1111

1111 1111 1111 1111

1111 1111 1111 1111

1111 1111 1111 1111

1111 1111 1111 1111

1111 1111 1111 1111

N

M.^r J. B. J. Delambre,

Secrétaire perpétuel de l'Institut de France pour les Sciences
mathématiques, etc. etc.

comme une faible marque d'attachement et de reconnaissance.

A. DE HUMBOLDT.

J. OLTMANN.

INTRODUCTION

PAR

M. DE HUMBOLDT.

LE Voyage que nous avons entrepris, M. Bonpland et moi, dans l'intérieur du nouveau continent, a eu pour objet principal des recherches de physique, de géologie et d'histoire naturelle descriptive. Un grand nombre de nos observations ont été publiées dans l'*Essai sur la géographie des plantes*, auquel est joint le *Tableau physique des régions équinoxiales*; dans le *Recueil d'observations de Zoologie et d'Anatomie comparée*; dans l'*Histoire des Plantes équinoxiales*, et dans la *Monographie des Rhexia et des Melastomes*. Deux ouvrages, dont l'impression est commencée depuis peu, la *Relation historique* de notre expédition, et la *Description des nouvelles espèces et des nouveaux genres* que nous avons recueillis pendant l'espace de cinq ans, compléteront la partie de notre travail qui a rapport aux sciences physiques.

En parcourant des pays si intéressans par leur constitution géologique, par la richesse de leur sol, et par leurs relations commerciales avec l'Europe, j'aurois cru profiter imparfaitement de la position favorable dans laquelle je me trouvois, si je n'avois tâché en même temps de fournir des matériaux à la géographie, de faire connoître l'élévation des montagnes, et de me livrer à des recherches sur l'inclinaison et la déclinaison de l'aiguille aimantée et sur l'intensité des forces magnétiques. J'avois eu occasion, longtemps avant mon départ d'Europe, de m'occuper du tracé des cartes et des mesures de hauteurs faites au moyen du baromètre; mais, jusqu'en 1797, mes études n'avoient point été dirigées vers les connoissances astronomiques. Encouragé dès-lors par les conseils de M. de Zach, dont l'exemple et les ouvrages ont tant contribué, dans ma patrie, aux progrès de l'astronomie et

Astronomie.

des sciences qui en dépendent, je cherchai à me familiariser avec l'usage des instrumens et avec la pratique des diverses méthodes propres à fixer la position des lieux. Je continuai cet exercice en me livrant à la fois aux observations et aux calculs astronomiques, pendant mon séjour en Allemagne, en France et en Espagne où je m'embarquai pour les îles Canaries au mois de juin 1799.

Résolu d'entreprendre un voyage dans l'intérieur d'un continent hérissé de montagnes, couvert de forêts, arrosé par des rivières dont la navigation ne se fait que dans des canots étroits, j'avois dû me borner à réunir des instrumens qui offroient le triple avantage de la solidité, d'un très-petit volume, et d'une grande facilité de transport. Il étoit aisé de prévoir qu'en dirigeant mon choix d'après d'autres principes, mon entreprise auroit été presque inutile pour les progrès de la géographie astronomique, parce que je me serois vu forcé de laisser sur les côtes des instrumens trop volumineux ou trop longs à vérifier. Voici la liste de ceux dont j'avois fait l'acquisition dans les deux ans qui ont précédé mon départ; je crois qu'il est utile de la consigner ici, parce qu'elle peut servir à diriger le choix des personnes qui entreprennent des voyages lointains : un sextant de Ramsden, de 10 pouces de rayon, à limbe d'argent et avec un vernier divisé de 20 en 20 secondes sexagésimales; un horizon artificiel de Caroché, avec un niveau à bulle d'air, dont les divisions correspondent à deux secondes; un petit quart de cercle de Bird, d'un rayon de 12 pouces, à limbe divisé en 90 et 96 degrés, indiquant 2° au moyen du vernier et d'une vis micrométrique, et muni à la fois d'un fil d'aplomb et d'un grand niveau à bulle d'air; un cercle répétiteur à réflexion, de 12 pouces de diamètre, construit par Le Noir, et ayant des miroirs de platine; un téodolite de Hurter, de 8 pouces de diamètre; un sextant à tabatière (*snuffbox-sextant*) de Troughton, de 2 pouces de rayon, avec une lunette et un horizon artificiel, le tout propre à prendre des angles avec la précision d'une minute, en voyageant, soit à cheval, soit en canot, et même en cas de besoin à déterminer le retard d'un chronomètre par des hauteurs correspondantes; une lunette d'épreuve renfermant un micromètre gravé sur verre, servant au nivellement des bases et à la mesure de très-petits angles d'élévation; une lunette achromatique de 3 pieds, de Dollond; une autre lunette d'une moindre longueur, de Caroché; un graphomètre de Ramsden; une montre de longitude de Louis Berthoud; un demi-chronomètre de Sciffert; une boussole d'inclinaison de 12 pouces, construite par Le Noir, d'après les

principes de Borda, et semblable à celle qui est figurée dans le *Voyage de d'Entrecasteaux*; une grande aiguille aimantée, munie de pinnules et suspendue d'après la méthode de Coulomb, pour déterminer les variations horaires et l'intensité des forces magnétiques; un magnétomètre de Saussure et une boussole de déclinaison de Le Noir, d'un pied de diamètre, garnie d'une méridienne filaire, et divisée de minutes en minutes. J'avois en outre des baromètres, des hygromètres de Deluc et de Saussure, un hyétomètre, des thermomètres, un cyanomètre, des sondes thermométriques, un appareil exécuté par Paul à Genève, servant à mesurer avec précision la température de l'eau bouillante sur les montagnes, des boussoles de poche, des chaînettes d'arpenteur, et des étalons métriques en verre et en laiton, pour vérifier des mesures de longueur.

Je laissai en Espagne le cercle à réflexion, parce que la petite ouverture de ses lunettes et l'imperfection de son miroir de platine rendoient l'observation des étoiles très-pénible. Je résolus aussi de ne pas embarquer le téodolite de Hutter, tant à cause de la difficulté du transport qu'à cause des corrections fréquentes qu'exigent ses trois niveaux à bulles d'air. Cet instrument, qui offre le faible avantage de la réduction des angles obliques à l'horizon, est d'ailleurs très-commode pour déterminer la déclinaison magnétique au moyen d'observations azimutales du soleil, surtout lorsqu'il est muni d'aiguilles d'une longueur considérable, et qui peuvent être retournées pour vérifier la position de l'axe magnétique. J'ai su m'en passer, parce que j'avois des appareils qui conduisoient au même but et avec plus de précision.

Quoique les instrumens que je destinois pour mon voyage fussent construits par les artistes les plus habiles, je ne négligeai rien pour les vérifier, soit en les comparant aux instrumens de l'Observatoire de Paris, soit en cherchant, dans des endroits dont la position étoit exactement connue, la latitude par les hauteurs méridiennes du soleil et des étoiles au méridien. Une partie de ces vérifications furent faites par M. Trallès, qui réunit au talent de l'astronome et du physicien une connoissance intime de la construction des instrumens, et par Borda qui m'honorait d'une bienveillance particulière, et que la mort a enlevé aux sciences peu de temps après mon départ pour l'Espagne.

L'ouvrage que nous publions aujourd'hui, M. Olmanns et moi, renferme l'ensemble des observations astronomiques que j'ai faites dans les deux hémisphères, tant sur les côtes que dans l'intérieur du nouveau continent, depuis l'année 1799 jusqu'en 1804. Ce recueil seroit bien plus étendu, si,

à l'exemple de Wales, de Bayly et de plusieurs autres voyageurs, j'avois voulu ajouter aux observations dont on peut déduire des positions géographiques, celles auxquelles je me suis livré journellement au nord et au sud de l'équateur, soit dans l'Océan Atlantique, soit dans la Mer du Sud, depuis les 13 jusqu'aux 105 degrés de longitude occidentale. Les résultats de ces dernières seront placés plus convenablement dans les journaux de route qui accompagnent la *Relation historique* de mon voyage. Aussi long-temps que j'ai été embarqué, je n'ai manqué aucune occasion de prendre des distances de la lune au soleil et aux étoiles, et de corriger l'estime par des hauteurs méridiennes, par l'emploi de la méthode de Douwes, et par le transport du temps. Ces observations faites à la mer ont en pour but d'examiner la direction et la force des courans, et de faire connoître avec précision les points où j'avois déterminé l'inclinaison de l'aiguille aimantée, la température de l'Océan et l'état météorologique de l'atmosphère.

En examinant des observations faites le plus souvent dans des circonstances très-difficiles, au milieu des forêts, sur les plages brûlantes de l'Orénoque ou sur les sommets des Cordillères, les astronomes distingueront facilement ce qui est l'effet de la négligence et du manque d'habileté de l'observateur, de ce qui doit être attribué à sa position individuelle, à la fatigue des yeux, à l'épuisement général des forces physiques, et à l'extrême difficulté de bien celer l'horizon artificiel, lorsqu'il n'est éclairé que par la faible lueur d'une torche de copal. J'en appelle surtout aux savans qui n'ont pas constamment travaillé dans nos Observatoires de l'Europe, et qui, familiers avec l'usage d'instrumens mobiles et souvent déplacés, savent, par une longue expérience, combien il est difficile d'obtenir en tout temps des résultats également précis. Il est sans doute de la plus haute importance dans les recherches sur l'amplitude d'un arc de méridien, sur la déclinaison des étoiles, sur l'obliquité de l'écliptique, et sur la position d'un Observatoire, d'atteindre une précision d'une ou de deux secondes: mais heureusement il n'en est point de même pour les besoins de la géographie. Les échelles de nos cartes, surtout de celles qui représentent des parties moins cultivées du globe, permettent rarement de rendre sensibles des distances qui n'excèdent pas une ou deux minutes en arc. Or, les observations contenues dans ce *Recueil* et dans les ouvrages de tant de voyageurs qui n'ont également été munis que d'instrumens à réflexion, sont loin d'atteindre ce *maximum* d'erreur.

INTRODUCTION.

Des observateurs exercés obtiennent, sous des circonstances médiocrement favorables, en employant des sextans de Ramsden, de Troughton et de Stancliff, ou des cercles à réflexion de Le Noir, des résultats qui, pour les latitudes, offrent une précision moyenne de 12 à 15". Cette quantité, qui correspond, dans les régions équinoxiales, à une distance de 22½ toises en arc, est à peine le double de la longueur de l'hôtel des Invalides à Paris, et devient insensible pour des cartes qui ne doivent pas présenter les détails topographiques de l'atlas de Cassini. En réfléchissant sur l'extrême difficulté de prendre des azimuts, et d'orienter une longue chaîne de triangles, on n'est pas surpris de voir que même en France, d'après les observations les plus précises, les latitudes de quelques grandes villes sont incertaines de 16 à 18 secondes sexagésimales (Recherches sur la position de Nîmes, *Journal de M. de Zach, Mars 1811*). Aux Indes occidentales, dans les parages fréquentés par les nations commerçantes de l'Europe, les positions d'un grand nombre de points très-remarquables sont fausses en latitude de ¼ à 5 minutes. Ces erreurs subsistent dans les cartes les plus récentes et les plus accréditées : elles ne disparaîtront que peu à peu, lorsque toutes les côtes auront été relevées avec cette admirable exactitude qui a été employée dans les expéditions commandées par Cook, Lapérouse, Vancouver, d'Entrecasteaux, Malaspina, Churruarín, Galiano, Fidalgo, Cevallos, Lowenörn et Krusenstern. Les discussions renfermées dans cet ouvrage et dans l'analyse de mon atlas du Mexique, présentent des preuves nombreuses de ces assertions, et l'on ne sauroit assez engager les voyageurs, munis de bons instrumens à réflexion et d'horizons artificiels, à ne négliger aucune occasion d'observer à terre, même sur les côtes les plus fréquentées par les Européens. Ces déterminations directes et partielles contribueront singulièrement aux progrès de la géographie ; elles serviront même à rectifier des opérations qui ont été très-bien dirigées, mais dans lesquelles les erreurs se sont accumulées par la nécessité de rapporter un point à un autre, et de se contenter souvent de relèvemens non astronomiques.

Les idées que je viens d'énoncer sur le degré d'exactitude qui peut rigoureusement suffire dans les observations employées à la construction des cartes géographiques, n'ont jamais ralenti mes efforts pour obtenir des résultats aussi précis que je pouvois les espérer d'après la nature des méthodes et des instrumens employés. J'ai constamment éprouvé un sentiment pénible en quittant un endroit où je ne pouvois rester qu'une seule nuit, et pour lequel les passages

de deux étoiles m'avoient donné des différences considérables. Je puis avoir commis des erreurs graves par inadvertance ou par manque d'habileté; mais j'ose me flatter que la patience et le zèle que j'ai déployés seront reconnus par ceux qui voudront bien considérer, et le temps qu'il m'a fallu pour parcourir une étendue de terrain de trois mille lieues, et les soins que j'ai pris pour vérifier les instrumens et pour multiplier les observations. Je compte d'autant plus sur l'indulgence des astronomes, que l'ensemble de ce travail a été fait par moi seul, tandis que les expéditions entreprises aux frais d'un gouvernement offrent l'avantage du concours de plusieurs observateurs.

Le plus grand nombre de positions déterminées pendant mon voyage, l'ayant été au moyen de sextans et d'un verre plan servant d'horizon artificiel, j'ai voulu essayer, après mon retour en Europe, quel étoit le degré de précision que je pouvois atteindre en employant ces mêmes instrumens. Pour cela, j'ai commencé à comparer des angles terrestres mesurés par des sextans de Ramsden et de Troughton, à ceux qui avoient été pris avec un cercle répéteur de Bellet, de 14 pouces de diamètre, et semblable aux cercles qui ont servi à M. Delambre, dans la mesure de la méridienne. Lorsque les angles avoient au-dessus de 100° , les différences ne s'élevoient qu'à trois ou quatre secondes, tantôt en plus, tantôt en moins. J'avois obtenu le même résultat à Berlin, en 1806, en comparant des sextans à un beau cercle répéteur de Troughton, que je possédois alors et qui avoit 18 pouces de diamètre. Depuis le 24 septembre jusqu'au 6 octobre 1809, j'observai avec un sextant de Troughton et un horizon artificiel de Caroché, à la façade méridionale de l'Observatoire de Paris, dont la latitude est de $48^{\circ} 50' 14''$, les passages du soleil par le méridien. Les nuages empêchoient l'observation les jours qui ne sont pas marqués dans les tableaux suivans : les moyennes ont été prises sans faire aucun choix, et les quatre-vingts hauteurs circumméridiennes indiquées sont les seules que j'ai obtenues dans l'espace de dix jours.

INTRODUCTION.

vj

*Latitude de Paris.*Le 24 septembre 1809. Baromètre 761^m.40. Thermomètre centigr. 17^o.6.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR de bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS VRAI.	HAUTEUR VRAIE de SOLEIL.	CHANGEMENT de HAUTEUR.	HAUTEUR MÉRIDIENNE.
82° 3' 32"	23 ^h 52' 17"	40° 44' 48"	+ 1' 32"	40° 46' 20"
82° 4' 48"	23 ^h 53' 40"	40° 45' 26"	1' 2"	46' 28"
82° 5' 11"	23 ^h 54' 31"	40° 45' 38"	0' 47"	46' 35"
82° 5' 54"	23 ^h 56' 39"	40° 46' 0"	0' 15"	46' 18"
82° 6' 41"	23 ^h 57' 39"	40° 46' 23"	0' 7"	46' 30"
82° 6' 18"	0 ^h 1' 19"	40° 46' 11"	0' 4"	46' 18"
82° 6' 9"	0 ^h 2' 50"	40° 46' 7"	0' 16"	46' 23"
82° 5' 15"	0 ^h 4' 17"	40° 45' 40"	0' 35"	46' 15"

Moyenne, 40° 46' 21^o.7Déclinaison australe, 0° 23' 25^o.4Hauteur de l'équateur, 41° 9' 47^o.1Latitude, 48° 50' 12^o.9*Le 25 septembre.*Baromètre, 759^m.34. Thermomètre, 18^o.4. Des nuages légers voilent le soleil.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR de bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS VRAI.	HAUTEUR VRAIE de SOLEIL.	CHANGEMENT de HAUTEUR.	HAUTEUR MÉRIDIENNE.
81° 16' 22"	23 ^h 52' 5"	40° 21' 13"	+ 1' 52"	40° 22' 35"
81° 17' 15"	23 ^h 53' 17"	40° 21' 59"	1' 5"	22' 45"
81° 18' 16"	23 ^h 55' 25"	40° 22' 10"	0' 29"	22' 39"
81° 20' 7"	23 ^h 58' 32"	40° 23' 5"	0' 2"	23' 7"
81° 20' 15"	0 ^h 1' 10"	40° 23' 9"	0' 2"	23' 11"
81° 19' 51"	0 ^h 2' 41"	40° 22' 57"	0' 13"	23' 10"
81° 18' 28"	0 ^h 4' 14"	40° 22' 6"	0' 35"	22' 49"
81° 17' 52"	0 ^h 5' 14"	40° 21' 58"	0' 49"	22' 47"

Moyenne, 40° 22' 53^o.0Déclinaison australe, 0° 46' 51^o.0Latitude, 48° 50' 16^o.0

Des nuages transparents couvroient de temps en temps le disque solaire.

INTRODUCTION.

Le 26 septembre.

Baromètre, 762^m,58. Thermomètre centigr., 15^e,5.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS VRAI.	HAUTEUR VRAIE du SOLEIL.	CHANGEMENT de HAUTEUR.	HAUTEUR MÉRIDIENNE.
80° 32' 37"	23 ^h 57' 10"	39° 59' 18"	+ 0' 11" ⁰	39° 59' 29"
80° 32' 49"	23 ^h 58' 14"	39° 59' 24"	0' 4" ¹	59' 28"
80° 32' 55"	23 ^h 59' 4"	39° 59' 27"	0' 1"	59' 28"
80° 32' 51"	0 ^h 0' 6"	39° 59' 25"	0' 0"	59' 25"
80° 32' 44"	0 ^h 1' 17"	39° 59' 21"	0' 4"	59' 25"
80° 31' 1"	0 ^h 5' 26"	39° 58' 30"	0' 55" ¹	59' 26"

Moyenne, 39° 59' 27",1

Déclinaison australe, 1° 10' 15",7

Hauteur de l'équateur, 41° 9' 42",8

Latitude, 48° 50' 17",2

Le 28 septembre.

Baromètre, 757^m,68. Thermomètre centigr., 13^e,1.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS VRAI.	HAUTEUR VRAIE du SOLEIL.	CHANGEMENT de HAUTEUR.	HAUTEUR MÉRIDIENNE.
78° 51' 16"	23 ^h 52' 23"	39° 11' 5"	+ 1' 25"	39° 12' 30"
78° 57' 58"	23 ^h 54' 11"	39° 11' 56"	0' 48" ¹	12' 44"
78° 58' 12"	23 ^h 55' 25"	39° 12' 3"	0' 29"	12' 32"
78° 58' 35"	23 ^h 56' 24"	39° 12' 14"	0' 17"	12' 31"
78° 59' 15"	0 ^h 0' 12"	39° 12' 34"	0' 0"	12' 34"
78° 59' 56"	0 ^h 0' 24"	39° 12' 58"	0' 0"	12' 55"
78° 58' 27"	0 ^h 5' 15"	39° 12' 10"	0' 20"	12' 30"
78° 56' 52"	0 ^h 6' 11"	39° 12' 25"	0' 6"	12' 29"

Moyenne, 39° 12' 56",0

Déclinaison australe, 1° 57' 4",6

Hauteur de l'équateur, 41° 9' 40",6

Latitude, 48° 50' 19",4

INTRODUCTION.

Le 29 septembre.

Baromètre, 759^m.64. Thermomètre centigr., 11^o.7.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR VRAIE de bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS VRAI.	HAUTEUR VRAIE du SOLEIL.	CHANGEMENT de HAUTEUR.	HAUTEUR MÉRIDIENNE.
78° 12' 29"	23 ^h 58' 8"	38° 49' 9"	+ 0' 3 ¹ / ₂	38° 49' 15"
78° 12' 47"	23 ^h 58' 58"	38° 49' 18"	0' 0 ¹ / ₂	49' 19"
78° 12' 55"	23 ^h 59' 53"	38° 49' 22"	0' 0"	49' 22"
78° 12' 59"	0 ^h 0' 55"	38° 49' 24"	8' 2"	49' 26"
78° 12' 40"	0 ^h 1' 53"	38° 49' 15"	0' 7 ¹ / ₂	49' 22"
78° 12' 12"	0 ^h 3' 11"	38° 49' 1"	0' 19"	49' 20"
78° 11' 8"	0 ^h 5' 17"	38° 48' 29"	0' 51 ¹ / ₂	49' 20"

Moyenne, 38° 49' 20^m.6

Déclinaison australe, 2° 20' 50^m.5

Hauteur de l'équateur, 41° 9' 51^m.1

Latitude, 48° 50' 8^m.9

Le 3 octobre.

Baromètre, 767^m.92. Thermomètre centigr., 15^o.5.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR VRAIE de bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS VRAI.	HAUTEUR VRAIE du SOLEIL.	CHANGEMENT de HAUTEUR.	HAUTEUR MÉRIDIENNE.
75° 5' 28"	23 ^h 57' 35"	37° 05' 34"	+ 0' 7"	37° 15' 41"
75° 6' 9"	23 ^h 59' 21"	37° 15' 55"	0' 0 ¹ / ₂	15' 55"
75° 5' 59"	0 ^h 0' 20"	37° 15' 50"	0' 0 ¹ / ₂	15' 50"
75° 5' 51"	0 ^h 1' 21"	37° 15' 46"	0' 4"	15' 50"
75° 4' 36"	0 ^h 5' 21"	37° 15' 8"	0' 51"	15' 59"
75° 2' 36"	0 ^h 8' 6"	37° 14' 8"	1' 51"	15' 59"

Moyenne, 37° 15' 52^m.5

Déclinaison australe, 3° 53' 50^m.7

Hauteur de l'équateur, 41° 9' 43^m.2

Latitude, 48° 50' 16^m.8

Astronomie.

b

INTRODUCTION.

Le 4 octobre.

Baromètre, 763^m,5. Thermomètre centigr., 13°,1.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS VRAI.	HAUTEUR VRAIE du SOLEIL.	CHANGEMENT de HAUTEUR.	HAUTEUR MÉRIDIENNE.
74° 19' 26"	0 ^h 0' 2"	36° 52' 32"	+ 0' 0"	36° 52' 32"
74° 19' 27"	0 ^h 1' 21"	36° 52' 33"	0' 4"	52' 57"
74° 19' 0"	0 ^h 2' 21"	36° 52' 19"	0' 11"	52' 50"
74° 18' 41"	0 ^h 4' 51"	36° 52' 9"	0' 42"	52' 52"
74° 17' 46"	0 ^h 5' 58"	36° 51' 42"	0' 3"	52' 45"

Moyenne, 56° 53' 59",5

Déclinaison australe, 4° 17' 6",7

Hauteur de l'équateur, 41° 9' 46",2

Latitude, 48° 50' 13",8

Le 5 octobre.

Baromètre, 760^m,20. Thermomètre centigr., 14°,2.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS VRAI.	HAUTEUR VRAIE du SOLEIL.	CHANGEMENT de HAUTEUR.	HAUTEUR MÉRIDIENNE.
73° 52' 58"	23 ^h 55' 49"	36° 59' 8"	+ 0' 24",0	36° 59' 52"
73° 53' 0"	23 ^h 57' 30"	36° 59' 19"	0' 7",2	59' 27"
73° 53' 15"	23 ^h 59' 27"	36° 59' 27"	0' 0"	59' 27"
73° 53' 30"	0 ^h 0' 47"	36° 59' 34"	0' 1",2	59' 56"
73° 53' 10"	0 ^h 2' 9"	36° 59' 24"	0' 9",2	59' 34"
73° 53' 52"	0 ^h 3' 41"	36° 59' 5"	0' 25",8	59' 51"

Moyenne, 56° 59' 51",2

Déclinaison australe, 4° 40' 15",9

Hauteur de l'équateur, 41° 9' 47",1

Latitude, 48° 50' 12",9

INTRODUCTION.

Le 6 octobre.

Baromètre, 759^m,82. Thermomètre centigr., 15°,0.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS VRAI.	MÉTIER TRAIT du SOLEIL.	CRASSEMENT de HAUTEUR.	HAUTEUR RÉSULTANTE.
72° 46' 19"	23 ^h 55' 36"	36° 5' 52" ¹ / ₂	+ 0' 26" ¹ / ₂	36° 6' 19"
72° 46' 33"	23 ^h 56' 38"	36° 6' 20"	0' 15" ¹ / ₂	6' 17" ¹ / ₂
72° 46' 50"	23 ^h 57' 54"	36° 6' 10" ¹ / ₂	0' 5"	6' 15" ¹ / ₂
72° 48' 2"	23 ^h 59' 36"	36° 6' 21" ¹ / ₂	0' 0"	6' 21" ¹ / ₂
72° 47' 11"	0 ^h 0' 37"	36° 6' 21"	0' 1'	6' 22"
72° 47' 9"	0 ^h 1' 57"	36° 6' 19"	0' 8"	6' 27"
72° 46' 51"	0 ^h 3' 5"	36° 6' 10"	0' 18"	6' 28"
72° 45' 52"	0 ^h 5' 15"	36° 5' 41" ¹ / ₂	0' 48" ¹ / ₂	6' 30"

Moyenne, 36° 6' 23",6

Déclinaison australe, 50° 5' 25",0

Hauteur de l'équateur, 41° 9' 47",6

Latitude, 48° 50' 12",4

1805.	ANCIENNE PROYE du SOLEIL, observée.	DÉCLINAISON du SOLEIL, calculée.
Septembre 23	179° 59' 58",36	+ 0° 0' 0",7
24	180° 53' 58",17	- 0° 23' 25",4
26	182° 41' 58",02	1° 10' 15",7
28	184° 30' 7",74	1° 57' 4",6
29	185° 24' 23",44	2° 20' 30",3
Octobre 2	188° 7' 20",62	3° 50' 32",0
3	189° 1' 51",23	5° 53' 50",7
4	189° 56' 22",70	4° 17' 6",7
5	190° 51' 3",15	4° 40' 15",9

INTRODUCTION.

Le 24 octobre 1809.

Thermomètre centigr., 13°,2.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS VRAI.	HAUTEUR VRAIE du SOLEIL.	CHANGEMENT de HAUTEUR.	HAUTEUR MÉRIIDIENNE.
58° 20' 24"	23 ^h 50' 2"	29° 24' 43",3	+ 2' 15",6	29° 26' 59"
58° 21' 6"	23 ^h 51' 22"	29° 25' 4",3	1' 40",6	45"
58° 22' 23"	23 ^h 52' 9"	29° 25' 42",8	1' 15",5	58"
58° 23' 1"	23 ^h 54' 17"	29° 26' 1",8	0' 42",1	44"
58° 20' 37"	23 ^h 55' 28"	29° 26' 19",8	0' 25",8	45"
58° 23' 46"	23 ^h 56' 41"	29° 26' 24",3	0' 12",9	57"
58° 23' 20"	23 ^h 57' 35"	29° 26' 41",3	0' 7",1	48"
58° 24' 51"	23 ^h 59' 6"	29° 26' 56",8	0' 15",4	57"
58° 24' 17"	0 ^h 4' 40"	29° 26' 9",8	0' 35",7	45"
		Moyenne,	29° 26' 48",8	
		Déclinaison australe du soleil, observée,	11° 42' 55",0	
		Hauteur équatoriale,	41° 9' 43",8	
		Latitude,	48° 50' 16",2	

Cette dernière observation a été faite avec le sextant de Ramsden, le même dont je me suis servi depuis 1799 jusqu'en 1804. L'erreur de collimation a été déterminée chaque jour avec beaucoup de soin avant et après l'observation. Le tableau suivant prouve qu'en dix jours, deux fois seulement les résultats se sont écartés, de la vraie latitude, au-delà de trois secondes sexagésimales. En examinant les hauteurs partielles, contenues dans chaque série de huit ou dix observations, on trouve que les écarts autour de la moyenne ne vont généralement pas au-delà de 6" à 7" :

INTRODUCTION.

xii

1809.	LATITUDES OBTENUES PAR LES SEXTANS.	ÉCARTS AUTOUR de LA MOYENNE.
Septemb. 24	48° 50' 12",9	— 1",7
25	16",0	+ 1",5
26	17",2	+ 2",6
28	19",4	+ 4",7
29	8",0	— 5",8
Octobre 3	16",8	+ 2",1
4	13",8	— 0",8
5	12",9	— 1",8
6	12",4	— 2",8
24	16",2	+ 1",6

Latitude, 48° 50' 14",65.

Cette latitude est probablement d'une demi-seconde trop grande : à la même époque, le 23 octobre, nous l'avions trouvée, M. Arago et moi, au moyen d'un cercle répéteur de Fortin, de 48° 50' 13",25, ou de 0",7 trop petite.

L'accord remarquable qu'offrent les observations faites avec des instrumens à réflexion, dépend non seulement de l'exactitude de la division et de la perfection des horizons artificiels; mais surtout de la délicatesse extrême avec laquelle on juge, même par des lunettes qui ne grossissent pas au-delà de seize fois, du contact optique des deux limbes du solcil. Ce jugement est bien plus sûr que celui que l'on porte du contact entre le fil du micromètre et le bord du solcil. Cet avantage est reconnu par tous ceux qui ont eu occasion de comparer des mesures faites au moyen d'un héliomètre ou d'un prisme à double réfraction, à celles qui ont été prises avec des fils micrométriques. L'emploi de l'horizon artificiel permet d'observer le double de chaque angle de hauteur. Quant à la division, un sextant de 10 pouces de rayon équivaut à un cercle de 3 pieds 4 pouces de diamètre, parce que, d'après le principe fondamental d'un instrument à réflexion, les demi-degrés du limbe expriment des degrés entiers. Les verniers des sextans de Troughton sont divisés de 15" en 15", et même de 10" en 10" sexagésimales. En examinant attentivement la coïncidence de plusieurs traits, on peut juger avec sûreté de la valeur de $\frac{1}{2}$ ou $\frac{1}{4}$ de partie du vernier; mais, en plein air, pendant la nuit, par une brise très-forte, on a une peine extrême à éclairer

le vernier, et à éviter, malgré la bonté des loupes qui se meuvent au moyen d'une vis, les erreurs de la parallaxe.

Il est aisé de concevoir pourquoi les hauteurs circumméridiennes des étoiles, prises avec des instrumens à réflexion, ne présentent pas des résultats aussi satisfaisans que ceux que nous venons d'obtenir par l'observation du soleil. Dans les lunettes les plus fortes adaptées aux cercles répéteurs et au mural, les étoiles de la première ou deuxième grandeur ont un disque apparent de plus de $8''$ de diamètre : comme on ne peut donner aux sextans que des lunettes d'un foible grossissement, les images de ces étoiles, affoiblies et souvent défigurées par la réflexion dans les miroirs et dans l'horizon artificiel, paroissent mal terminées et d'un diamètre qui excède $15''$ sexagésimales. S'il est facile de mettre en contact les deux limbes du soleil, il est presque impossible de faire coïncider avec précision les images défigurées de deux étoiles. Nous avons observé, M. Arago et moi, que, dans une lunette qui ne grossit que dix fois et qui renferme un prisme à double réfraction, on ne commence à distinguer la séparation des images d'Antarès ou d'Arcturus, que lorsque leurs centres sont éloignés de $18''$ à $22''$ sexagésimales. Cette expérience a été faite en tenant la lunette à la main, comme on observe généralement avec les instrumens à réflexion. Dans les lunettes du mural et du cercle répéteur astronomique, on tâche de couper l'étoile en deux parties égales par le fil horizontal placé au foyer de l'objectif ; dans les instrumens à réflexion, on n'est jamais sûr si les centres des deux images sont placés l'un sur l'autre, on si un léger débordement de la lumière en agrandissant le disque de l'étoile ne cause pas un rayonnement latéral. C'est à ces circonstances, et aux effets de la *déviation*, qui est plus facile à éviter dans l'observation du soleil que dans celle des étoiles, qu'on doit attribuer les différences de $30'$ à $40'$ secondes, et même plus, qu'on trouve quelquefois entre les résultats des hauteurs méridiennes de plusieurs étoiles, malgré le soin extrême qu'on a pris pour vérifier l'erreur de collimation et la position de l'horizon artificiel.

Peu de voyageurs ont eu l'occasion d'éprouver ces difficultés aussi fréquemment que moi. La grande hauteur qu'atteint le soleil sous les tropiques, à son passage par le méridien, m'a forcé, pendant cinq ans, à employer les étoiles seules pour la détermination des latitudes. Rien n'est plus pénible que ces observations de nuit, lorsque dans des climats brûlans on a passé la journée à cheval, exposé à l'ardeur du soleil, et que, sous un ciel vaporeux, on a de la peine à distinguer la foible lumière des étoiles que réfléchit l'horizon artificiel. Il seroit infiniment

utile, pour les voyageurs qui parcourent la zone torride, de se munir, outre les sextans ordinaires, d'un quart de cercle à réflexion ou d'un sextant dont le grand miroir fût placé de manière que son parallélisme avec le petit miroir correspondît à un point du limbe situé à peu près à 30° au-delà du commencement de la division. Je n'ignore pas que les angles au-dessus de 100° sont singulièrement affectés de la moindre imperfection du parallélisme des surfaces du grand miroir, et qu'il seroit assez pénible de vérifier l'erreur de collimation de ces instrumens : mais ces difficultés ne sont pas insurmontables pour un observateur exercé, surtout si l'on parvient à construire des miroirs métalliques très-parfaits.

La position d'un grand nombre de points sur le globe est mal déterminée, parce que les astronomes se sont servi de quarts de cercles mobiles, difficiles à vérifier, si l'on ne peut observer à la fois les étoiles du nord et du sud. Souvent des sextans de cinq pouces de rayon ont servi à rectifier des résultats obtenus par des instrumens de dimensions très-grandes; mais dans l'emploi des instrumens à réflexion, l'imperfection des horizons artificiels est devenue une nouvelle source d'erreur. J'ai vu avec peine que, dans des expéditions destinées aux relèvemens des côtes, et dirigées par des officiers très-distingués, on se sert souvent d'un horizon de mercure, garanti de l'agitation de l'air par des verres plans dont les surfaces ne sont pas exactement parallèles. Des artistes habiles parviennent à construire des disques ou plateaux de cristal de six pouces de diamètre, noircis à la surface inférieure, et si parfaitement plans, que, même vers les bords, les erreurs n'excèdent pas $1''$ à $1'',5$. C'est d'un horizon artificiel de ce genre, examiné très-soigneusement par M. Trallès et par Borda, que je me suis constamment servi dans mes voyages. Il est inutile de dire que le niveau à bulle d'air, qui pourroit être beaucoup plus long que le diamètre du verre plan, doit avoir un support mobile pour pouvoir être vérifié par le retournement. C'est d'ailleurs une opération assez pénible que de caler pendant la nuit l'horizon artificiel, surtout dans l'Amérique méridionale, où, sur les bords des grandes rivières, les couches de l'atmosphère les plus voisines du sol sont remplies de *mosquitos* et d'autres insectes dont la piqûre est extrêmement douloureuse. J'ai laissé constamment le niveau placé sur le plateau : après chaque hauteur d'étoiles, j'ai fait approcher un lydien avec une torche, pour éclairer le niveau et pour juger du degré de confiance que méritoit l'observation partielle. Je ne saurois assez conseiller aux voyageurs d'employer cette précaution

INTRODUCTION.

dans des pays où le sol est couvert de petits lézards, de scolopendres, de grosses araignées, et même d'insectes coléoptères assez forts pour déranger l'horizon artificiel. En observant Canopus, Achernar, Sirius et d'autres étoiles très-brillantes, il est bon, pendant l'observation même, d'éclairer un peu le plateau. Ce moyen, proposé par M. Trallès, m'a été très-utile; les étoiles paroissent plus petites et un peu mieux terminées. Lorsque l'air est tranquille, on observe très-bien des images réfléchies par l'eau, le mercure et l'huile. Sur les bords du Rio Negro, l'eau de la rivière, qui est couleur de café, m'a quelquefois servi d'horizon artificiel. Le mercure peut être très-utile lorsque le ciel est voilé par des vapeurs, ou qu'on est réduit à observer des étoiles de deuxième grandeur. Si j'avois eu le malheur de briser l'horizon de Caroché, je me serois servi d'une boîte en tôle construite d'après les principes de M. Köhler, à Dresde, et dans laquelle l'eau qui réfléchit l'image est renfermée de manière qu'elle ne communique avec l'air extérieur qu'au moyen de deux tuyaux mobiles et plus ou moins inclinés, selon la hauteur de l'astre observé. Dans toutes ses opérations, le voyageur doit se rendre indépendant des circonstances accidentelles; il doit se préparer à remplacer sur-le-champ un appareil par un autre qui peut remplir le même but.

Je ne doute pas que des cercles répéteurs à réflexion, munis de verniers qui indiquent $15''$ à $20''$ sexagésimales, et exécutés avec la même précision que les sextans, ne soient de beaucoup préférables à ces derniers. Si l'on remarque, en examinant les observations publiées jusqu'à ce jour, que les résultats partiels de hauteurs méridiennes ou de distances lunaires obtenus par les cercles, ne s'accordent pas entre eux dans des limites plus étroites que les résultats déduits d'observations de sextans, il ne faut point en conclure que la multiplication des angles ne produit pas un avantage réel; il faut supposer plutôt que cet avantage est rendu insensible par les erreurs de la déviation et du pointé, causées, en grande partie, par le faible grossissement des lunettes qui sont adaptées aux plus beaux instrumens à réflexion de Troughton et de Le Noir. Ces erreurs s'ajoutent à chaque observation simple, elles tendent sans doute à se détruire mutuellement; mais la compensation est la même, soit que l'on emploie la multiplication des angles, ou que l'on prenne la moyenne arithmétique des hauteurs circumméridiennes obtenues par le sextant. Il résulte de là que, lorsque la somme des erreurs du pointé et de la déviation qui n'ont pas trouvé de compensation fortuite, est beaucoup plus

considérable que la somme des erreurs de la division du sextant ou des lectures multipliées de son vernier, les latitudes obtenues par le cercle à réflexion ne présenteront guère plus d'accord entre elles que celles qui ont été déterminées par le sextant. Des observateurs exercés parviennent à connoître, par la mesure du disque solaire, l'erreur de collimation des sextans, à peu de secondes près : dans les cercles à réflexion, la vérification du parallélisme des miroirs est inutile, et cet avantage est précieux pour des voyageurs qui n'ont souvent ni le loisir ni la patience de vérifier leur instrument après chaque série d'observations.

Je regrette beaucoup de n'avoir pu emporter d'Europe un cercle répéteur astronomique. Malgré les petites imperfections qu'on lui reproche encore, cet instrument est comparable, pour la précision, aux secteurs et aux plus grands théodolites : on l'emploiera toujours avec succès lorsqu'il s'agit de déterminer des quantités angulaires très-petites. Arrivé en France, en 1798, je n'y trouvai aucun cercle dont je pusse faire l'acquisition. Je quittai Paris dans le dessein de m'embarquer pour l'Égypte, où je comptois me servir de la collection précieuse d'instrumens qui avoit été confiée à M. Nouet. Le plan de mon voyage fut subitement changé à Madrid, au commencement de l'année 1799; je me hâtai dès-lors de profiter de la permission que m'avoit accordée le gouvernement espagnol, et je partis pour l'Amérique méridionale, même sans attendre les doubles de mes instrumens de physique que j'avois déposés à Marseille. J'aurois pu employer, avec avantage, un cercle astronomique pendant mon séjour sur les côtes, en me livrant à des recherches sur la déclinaison des étoiles de l'hémisphère austral; mais je doute que, sans se briser, cet instrument eût pu arriver à Quito et au Pérou, par les chemins affreux que nous eûmes à passer en longeant le dos des Andes par Santa-Fé de Bogota, les forêts de Quindiu, Almaguer et la province de Los Pastos. Un voyageur qui voudroit vérifier la latitude très-douteuse de Quito et l'amplitude de l'arc entre Tarqui et Cotchesqui, devroit débarquer à Guayaquil en prenant la route par l'isthme de Panama ou en doublant le cap de Horn.

Quoique je connoisse, par ma propre expérience, les grands avantages qu'offrent les cercles répéteurs astronomiques dans toutes les opérations délicates de l'astronomie et de la géodésie, je blâmerois pourtant le voyageur qui, pour l'observation des hauteurs méridiennes, croiroit pouvoir se passer entièrement de sextans ou de cercles à réflexion. Ces derniers instrumens

qui peuvent être employés à la fois à la détermination des latitudes et à celle des longitudes, sont aussi préférables pour la facilité du transport et de l'usage journalier. Il est très-pénible d'observer seul au cercle de Borda : il l'est plus encore d'éclairer bien, en plein air, les fils du micromètre, surtout lorsqu'il souffle une brise très-forte, comme c'est généralement le cas sous les tropiques, à l'entrée de la nuit. Dans un local où l'on peut se procurer toutes les commodités désirables, et où le cercle n'éprouve pas de déplacement, les astronomes les plus exercés trouvent, entre les latitudes observées, des écarts qui excèdent trois, quelquefois même quatre secondes sexagésimales. Ces écarts ne peuvent être attribués, ni aux variations des réfractions, ni à la connoissance imparfaite des déclinaisons des étoiles; ils sont d'autant plus inquiétans que, pendant plusieurs jours de suite, on obtient des séries qui s'accordent à 17,5 et même à 1" près. Or, si dans un Observatoire, malgré tous les soins qu'on emploie, on peut se tromper de 3 ou 4 secondes, un voyageur qui observe tous les jours dans un endroit différent, ne doit-il pas craindre des erreurs plus grandes encore? Sous la zone tempérée, où l'on peut prendre des hauteurs méridiennes du soleil, les instrumens à réflexion peuvent donner une exactitude de 8 à 10 secondes, et nous avons déjà rappelé plus haut que, sur des cartes très-détaillées, des erreurs de 30 à 25 secondes sont encore insensibles. La bonté des observations est sans doute préférable à leur nombre, mais il ne faut pas oublier qu'elle est relative au but qu'on se propose.

Je conseillerois aux voyageurs qui parcourent l'intérieur d'un continent, pour en perfectionner la géographie, d'employer le cercle astronomique partout où les circonstances le permettent et où ils désirent atteindre une grande précision. Un cercle de huit pouces n'est guère embarrassant dans le transport, et je préférerois, avec M. Delambre (*Base du Système métrique*, T. III, p. 10), l'ancienne construction à grands niveaux mobiles. Les sextans, les quarts de cercle, les téodolites et les petits cercles de Ramsden et de Carry, dont l'usage n'est pas autant répandu qu'ils le méritent, offrent plusieurs hauteurs circumméridiennes parmi lesquelles on distingue aisément celles qui doivent être rejetées comme s'écartant trop de la moyenne. Les cercles astronomiques répéteurs, d'après la méthode suivie généralement, ne donnent, au contraire, qu'un résultat unique. Pour obvier à cet inconvénient, on peut interrompre la série en lisant quelques verniers avant et après le passage de l'astre par le méridien.

INTRODUCTION.

xix

J'ai marqué, pendant le cours de mon voyage, jour par jour, dans un journal particulier, non seulement toutes les observations, sans en excepter les angles horaires et les vérifications des instrumens, mais aussi jusqu'aux plus petites circonstances qui accompagnoient chaque observation. N'ayant pas la certitude de revoir l'Europe, je voulois mettre celui qui seroit chargé de la publication de mon travail, en état d'apprécier le degré de confiance que méritoit chaque partie considérée isolément. J'avois coutume de calculer mes observations sur les lieux, le plus souvent dans la journée même où je les conçois sur mes registres. Ces petits calculs, auxquels j'ai employé un temps qui m'eût été précieux pour d'autres travaux, me rassuroient sur l'accord des résultats obtenus: ils m'apprirent en même temps s'il étoit nécessaire de multiplier l'observation des hauteurs méridiennes et des distances lunaires, ou si je devois prolonger mon séjour dans un endroit pour vérifier la marche du chronomètre; lorsque cet instrument paroissoit avoir changé son avance ou son retard diurne. Ce sont les résultats de ces calculs provisoires qui ont été publiés avant mon retour, dans la Connoissance des temps, dans le Journal de M. de Zach et dans les *Anales de Ciencias naturales* de Madrid; ce sont eux aussi que j'ai employés en traçant, pendant mon séjour en Amérique, les cartes de l'Orénoque, de la rivière de la Madeleine, du Mexique et de plusieurs parties du royaume de Quito. Des copies de ces cartes sont restées dans les colonies espagnoles; et plusieurs fragmens en ont été gravés à mon insu. Les différences que l'on remarquera entre les positions publiées avant mon retour en Europe, et celles qu'offre le tableau placé à la tête de cet ouvrage, proviennent en grande partie de ce que je n'avois pu calculer que les deux tiers de mes observations, en employant pour les éclipses des satellites et les distances lunaires les éphémérides de Greenwich, rédigés d'après les tables de M. Delambre et de Mason, tandis que M. Olmanns a employé l'ensemble de nos observations, les a discutées avec le plus grand soin, et les a comparées en partie à des observations correspondantes, en partie aux tables de Bürg corrigées par l'observation des hauteurs méridiennes de la lune. Les exemples suivans prouveront que les différences sont moins considérables que je n'aurois dû m'y attendre :

NOMS DES LIEUX.	D'APRÈS MES CALCULS PROTOIQUES.		D'APRÈS LES CALCULS DE M. OUTHMAN.	
	LATITUDES.	LONGITUDES.	LATITUDES.	LONGITUDES.
Barcelone.....	41° 32' 59"	2° 46' 45"	41° 32' 58"	2° 45' 9"
Valence.....	39° 28' 5"	10° 45' 50"	39° 28' 42"	10° 45' 15"
La Corogne.....	.....	18° 53' 15"	.....	18° 53' 5"
Ste.-Croix de Ténériffe.....	10° 27' 39"	60° 29' 45"	10° 27' 52"	60° 30' 0"
La Guayra.....	10° 36' 36"	69° 20' 10"	10° 36' 19"	69° 27' 0"
La Victoria.....	.....	69° 45' 12"	.....	69° 50' 42"
Calabozo.....	.....	69° 58' 5"	.....	70° 10' 40"
S. Carlos del Rio Negro.....	.....	70° 10' 30"	.....	69° 58' 59"
Real Corona.....	8° 1' 2"	67° 13' 10"	7° 59' 14"	67° 5' 20"
S. Tomas de la N. Guayana.....	8° 8' 24"	66° 17' 0"	8° 8' 11"	66° 15' 21"
Cap-Beata.....	.....	73° 46' 10"	.....	73° 55' 57"
Cap-Bucco.....	.....	76° 13' 15"	.....	76° 9' 43"
Las Ranas.....	.....	78° 21' 20"	.....	78° 23' 35"
Grand Cayman.....	.....	83° 0' 15"	.....	82° 59' 4"
Cap Saint-Antoine.....	.....	87° 16' 7"	.....	87° 17' 22"
La Trinidad.....	21° 47' 50"	82° 26' 9"	21° 48' 20"	82° 21' 7"
Carthagène des Indes.....	.....	77° 49' 12"	.....	77° 50' 0"
Mompox.....	9° 14' 58"	76° 59' 14"	9° 14' 11"	76° 47' 43"
Honda.....	5° 12' 27"	76° 57' 10"	5° 11' 45"	77° 15' 7"
Santa-Fe de Bogota.....	4° 56' 16"	76° 22' 20"	4° 55' 48"	76° 52' 8"
Ibagué.....	.....	77° 42' 0"	.....	77° 40' 0"
Popayan.....	2° 25' 33"	78° 49' 0"	2° 26' 18"	79° 0' 9"
Alausi.....	2° 15' 20"	.....	2° 13' 22"	.....
Tomepanda.....	5° 51' 4"	80° 41' 10"	5° 51' 4"	80° 56' 59"
Lima.....	12° 3' 5"	79° 7' 8"	12° 2' 34"	79° 27' 45"
Guayaquil.....	.....	81° 55' 4"	.....	82° 18' 10"
Acapulco.....	16° 50' 57"	102° 8' 15"	16° 50' 53"	102° 9' 33"
Mescala.....	17° 55' 59"	101° 52' 10"	17° 56' 4"	101° 52' 39"
Mexico.....	19° 26' 2"	101° 22' 30"	19° 25' 45"	101° 25' 50"
Guanaxtato.....	21° 0' 8"	103° 18' 0"	21° 0' 15"	103° 15' 0"
Valladolid.....	19° 42' 15"	103° 4' 0"	19° 42' 0"	103° 12' 16"
La Puebla.....	19° 0' 12"	.....	19° 0' 15"	.....
Xalapa.....	19° 50' 34"	.....	19° 50' 2"	.....
Cime du Coffre.....	19° 29' 6"	.....	19° 28' 5"	.....
Havane.....	23° 8' 17"	84° 43' 14"	23° 8' 15"	84° 40' 15"

Ce tableau embrasse les points les plus éloignés les uns des autres, et dont les longitudes devoient par conséquent être le plus affectées du manque de précision dans les calculs chronométriques. Les différences sont peu considérables et généralement beaucoup moindres que l'erreur des tables lunaires dont je me suis servi. Malgré l'exactitude que l'on peut atteindre, même sans employer des observations correspondantes, et en ne faisant usage que des éclipses du premier satellite de Jupiter, comparées aux tables de Delambre, et des distances lunaires calculées d'après les tables de Bürg, les voyageurs feroient mieux de communiquer aux astronomes de l'Europe le détail de leurs observations, que des résultats de calculs faits généralement avec trop de précipitation. Ils devroient surtout s'abstenir de perpétuer des résultats provisoires, en les gravant sur des rochers ou sur des monumens qui peuvent survivre à une longue suite de siècles. Bouguer et La Condamine, dans la table de marbre qu'ils avoient fait placer au collège des Jésuites à Quito, et que j'y ai trouvée encore en 1803, indiquèrent cette ville par les $81^{\circ} 22'$ de longitude; et, neuf ans après leur retour en Europe, ils regardèrent cette détermination comme fautive d'un degré. (*Voyez plus bas Vol. II, p. 319*). Cet exemple d'une erreur astronomique perpétuée par une inscription, n'a malheureusement pas garanti du même danger des voyageurs plus modernes.

Les navigateurs, en publiant leurs travaux astronomiques, ont pris des routes très-différentes. Les uns ont présenté leurs observations originales sans les soumettre au calcul; c'est la marche suivie en grande partie dans les recueils des observations de Cook, de Wales, de Niebuhr et de Maskelyne. (*Voyage to Barbados, Phil. Trans. 1764, p. 389. Olmanns Unters. über die Geogr., Th. I, S. 446*). D'autres voyageurs n'ont publié que les résultats de leurs calculs, ou des termes moyens déduits de plusieurs centaines d'observations de distances lunaires. Telle est la méthode qui a été suivie dans la rédaction de l'excellent travail astronomique de Vancouver, méthode dans laquelle les erreurs de l'observation se confondent avec celles qui naissent de l'imperfection des tables employées. Quelles différences ne trouveroit-on pas dans la position de plusieurs points très-importans pour les navigateurs, si on pouvoit recalculer, d'après les tables de Bürg, des observations qui avoient été rédigées d'après les tables de Mason? J'ai pensé que, pour rendre mon voyage utile aux géographes et aux navigateurs, je devois présenter à la fois mes observations originales et les résultats des calculs de M. Olmanns: j'ai cru nécessaire

de publier tout le détail de mes travaux, parce qu'en me voyant occupé de plus d'un genre de recherches à la fois, on auroit pu soupçonner que les résultats offerts dans cet ouvrage étoient déduits d'un très-petit nombre d'observations. J'ai visité, dans l'intérieur de l'Amérique méridionale, surtout entre l'Orénoque et la rivière des Amazones, dans le royaume de la Nouvelle-Grenade, dans les Cordillères du Pérou et du Mexique, des contrées où jamais instrument astronomique n'avoit été porté : j'ai trouvé fausse d'un degré la latitude du fort de San Carlos del Rio Negro, situé près de la limite septentrionale du Brésil; nous avons fait voir, M. Olmanns et moi, que les erreurs en longitude s'élèvent, à l'Orénoque, à 2°; à Quito, à 0° 50'; à Mexico, à 1° 30'. Dans de pareilles circonstances, il m'a semblé indispensable de mettre les astronomes en état de juger par eux-mêmes si les nouvelles déterminations reposent sur des fondemens solides.

En publiant des résultats qui diffèrent considérablement de ceux qui ont été adoptés jusqu'à ce jour, il est utile de discuter les observations anciennes, et d'examiner l'influence qu'elles ont eue sur la construction des cartes. C'est dans ce genre de discussions que M. Olmanns a déployé autant de critique que de sagacité. On est agréablement frappé de voir que d'anciennes observations, comparées à nos tables astronomiques, et soumises à un calcul plus soigné, confirment les observations les plus récentes et conduisent à des résultats dont elles paroisoient d'abord s'éloigner considérablement. Les longitudes de Quito, de Lima et de Carthagène fournissent des exemples frappans de cet accord. C'est par le calcul et par une sage critique que la géographie peut se perfectionner progressivement : elle profitera, au contraire, très-peu des progrès de l'astronomie et du zèle des voyageurs, si l'on continue à publier de nouvelles cartes sans les accompagner d'analyses raisonnées, si l'on donne la préférence à une position, simplement parce qu'elle a été déterminée dans le voyage le plus récent, et si l'on forme des tableaux de latitudes et de longitudes sans indiquer, ni les sources dans lesquelles on a puisé les matériaux, ni les causes qui ont motivé les corrections. Dans la mer des Antilles, dans l'Océan pacifique, et sur la côte nord-ouest de l'Amérique, la majeure partie des positions ne se fonde pas sur l'observation des phénomènes célestes, mais sur le simple transport du temps, au moyen des chronomètres. Chaque point, par conséquent, y est dépendant d'un autre, et l'on ne sauroit changer les longitudes du Fort-Royal de la Martinique, du port d'Espagne de l'île de la

INTRODUCTION.

xxij

Triaité, d'Otabiti ou de Noutka, sans changer en même temps des centaines de points qui y ont été liés chronométriquement. Cette liaison mutuelle est devenue, pour ainsi dire, un nouvel obstacle au perfectionnement de la géographie ; car il n'y a que le très-petit nombre de savans qui connoissent en détail les fondemens astronomiques des cartes publiées jusqu'ici, qui puissent employer des corrections partielles sans risquer de commettre des erreurs plus graves que celles qu'on veut éviter (*Essai polit. sur la Nouvelle-Espagne*, Vol. II, p. 860).

La montre de longitude n. 27, dont je me suis servi pendant six ans, étoit un chronomètre de poche de première qualité, construit par M. Louis Berthoud. Cet instrument avoit été pendant long-temps entre les mains de Borda, qui me l'avoit recommandé particulièrement. M. Thulis, directeur de l'observatoire de Marseille, l'ayant comparé au passage des étoiles par la lunette méridienne, a trouvé qu'il avançoit chaque jour sur le temps moyen :

du 4—5 novembre 1798.....	de 1 ^h ,5
5—6	1 ^h ,5
6—7	2 ^h ,0
7—11	1 ^h ,4
11—14	1 ^h ,8
14—15	2 ^h ,0
15—16	1 ^h ,5
16—17	2 ^h ,0
17—18	2 ^h ,2
18—25	1 ^h ,2
25—28	0 ^h ,7
28—1 ^{re} décembre.....	0 ^h ,7
1—9	1 ^h ,5.

Les écarts, pendant plus d'un mois, n'ont par conséquent pas été au-delà d'une demi-seconde autour de la moyenne, quoique le chronomètre ait été quelquefois porté dans différentes positions, et que la température de l'air ait varié de plus de 15° du thermomètre de Réaumur. Si, pendant cet intervalle, le garde-temps a fait des sauts, que j'ai remarqués également dans les meilleurs chronomètres d'Arnold, dont j'ai examiné la marche, ces légères irrégularités se sont compensées si complètement, qu'après trente-cinq jours, en supposant une avance diurne de 1^h,51, le chrouomètre avoit conservé le temps

moyen à une seconde près. La marche de cet instrument a été généralement très-bonne tant sur mer que pendant les navigations que nous avons exécutées, M. Bonpland et moi, dans des canots étroits, sur l'Orénoque, le Cassiquiare, le Rio Negro, l'Atabapo, la rivière des Amazones et celle de la Madeleine. J'ai trouvé la longitude du Mole de Sainte-Croix de Ténériffe, de $1^h 14' 12^s,3$; sa véritable longitude paroit être $1^h 14' 15^s$. Voici l'accord que j'ai obtenu à d'autres atterrages, après des traversées de trente à quarante jours :

NOMS DES LIEUX.	LONGITUDE d'après le chronomètre de Louis Berthoud, n.° 26.	LONGITUDE déduite de l'observation des phénomènes célestes.
Cauana : <i>(après quarante jours de navigation et levage au à la cime du Pic de Teuiff.)</i>	$4^h 26' 4^s$	$4^h 26' 0^s$
Havane : <i>(après vingt-six jours de navigation).</i>	$5^h 38' 46^s$	$5^h 38' 52^s$
Carthagènes des Indes : <i>(après vingt-deux jours de navigation).</i>	$5^h 11' 11^s,8$	$5^h 11' 20^s,0$
Acapulco : <i>(après trente-six jours de navigation).</i>	$6^h 48' 39^s,8$	$6^h 48' 58^s,2$

Je n'ai choisi que des atterrages faits sur des points dont la longitude est sûre, à moins de 8 ou 10 secondes en temps. En Espagne, malgré le cahotement des voitures, le chronomètre n. 26 avoit donné les longitudes de Barcelone, de Valence et du Ferrol, à $5^s,3$; $0^s,3$ et $1^s,9$ près. Pendant que j'ai levé la carte de l'Orénoque et de son embranchement avec le Rio Negro, depuis le 16 avril jusqu'au 9 juillet 1800, le retard diurne du chronomètre n'a varié que de $27^s,9$ et $28^s,5$. Comme j'ai observé deux fois, aux grandes cataractes d'Aurès et de Maypures, en allant au fort de San Carlos, et en revenant, M. Olmanns a pu tenir compte des erreurs les plus légères provenant des inégalités dans la marche du garde-temps.

(Vol. I, p. 264 et 271). Je crois pouvoir recommander cette méthode aux ingénieurs-géographes qui se servent de chronomètres en relevant le cours des rivières dont les embranchemens multipliés occupent un espace de terrain considérable. Rien de plus facile, lorsque la direction d'un grand fleuve est bien déterminée, que de rectifier la topographie des pays voisins. Pendant ma navigation sur la rivière de la Madeleine, le retard diurne du garde-temps a été constamment entre 23",8 et 24",5. A Santa-Fe de Bogota, l'horloge a donné pour la longitude 5^h 6' 26", tandis que les phénomènes célestes ont donné 5^h 6' 16",5.

Mais la marche de cet instrument a été beaucoup moins régulière dans le voyage aux montagnes de Caripé, dans le trajet de Cumana à la Guayra et sur le dos des Cordillères, d'Isagüé à Quito, et de Valladolid à Toluca. On ne sauroit être surpris de ces irrégularités lorsqu'on pense que tous ces voyages ont été faits sur des mulets, par les chemins les plus affreux, et lorsqu'on réfléchit sur les variations de température auxquelles un chronomètre est exposé en passant dans la même journée du sommet glacé des Andes aux vallées les plus étroites et les plus brûlantes. M. Oltmanns a distingué, dans ses calculs chronométriques, les jours de repos et les jours où l'instrument a été fortement agité. MM. Schulten et Jungnitz ont aussi reconnu la nécessité de cette distinction dans l'usage de deux chronomètres d'Arnold et de Brocksbank. (*Kon. Svenska Vet. Acad. Nya Handl.*, 1799, S. 118). D'autres astronomes, dont le jugement est d'un très-grand poids dans cette matière, pensent au contraire qu'il ne faut point l'admettre (*Zach, Monatl. Corresp.* B. 19, S. 559). Heureusement cette incertitude n'a aucune influence sur les observations que j'ai faites en remontant les rivières de l'Amérique.

J'aurois préféré de donner au garde-temps une suspension de Cardan, et de le faire porter par un Indien, comme je l'ai fait pour le baromètre pendant une grande partie du voyage : mais dans ces pays déserts et sauvages, on risque à chaque instant d'être séparé de ses mulets de charge, et des Indiens qui les accompagnent à pied. Le seul moyen d'éviter que le chronomètre ne s'arrête, est de l'avoir constamment sur soi. En bivouaquant au milieu des forêts, avec quatorze ou quinze indigènes qui, par le rapprochement des arbres, se trouvent resserrés dans un espace extrêmement étroit, le voyageur est forcé de placer dans son hamac tout ce qu'il a de plus fragile : l'horizon artificiel, les thermomètres, et le garde-temps. Ce dernier instrument se

trouve alors dans des positions obliques ou renversées qui altèrent sensiblement son retard ou son avance diurnes. J'ai tâché de diminuer les erreurs qui peuvent naître de ces circonstances désavantageuses, en multipliant le nombre des angles horaires, et en m'occupant sans cesse à étudier la marche de l'instrument. A l'exception des chronomètres envoyés récemment de Pétersbourg à Kiachta, aucun n'a fait un voyage de terre aussi long que le mien; aucun n'a été exposé à des secousses plus fréquentes, à des changemens de climats plus brusques: cependant, après cinq ans de marche, le chronomètre de Louis Berthoud, n. 27, a encore donné, aux mois de novembre et de décembre 1802, pour la différence de longitude entre Lima et le Port du Callao, dans trois différens essais, $28^{\circ},6$; $31^{\circ},2$ et $27^{\circ},8$ (Vol. II, p. 428). La véritable différence est de $28^{\circ},0$.

La variation progressive dans le retard et dans l'avance des garde-temps, exige une attention continue de la part du voyageur: elle s'observe aussi dans l'usage des montres marines. On en trouve des exemples fréquens dans toutes les relations de voyages qui ont paru jusqu'à ce jour, depris Cook et Vancouver jusqu'aux époques les plus récentes. D'excellens chronomètres d'Arnold, de Kendall, de Berthoud et de Pennington, après avoir eu une marche très-uniforme pendant des mois entiers, changent leur retard diurne de 7, 8, 10 secondes et même plus. Si, après une navigation de quelques mois, on n'a pu vérifier la marche des montres par un temps de calme prolongé, au moyen de distances lunaires calculées d'après les tables de Bürg, on par le relèvement de quelque île dont la position est exactement connue, les horloges donnent, au moment de l'atterrissage, des longitudes qui s'écartent entre elles de plus de 2 à 3 minutes en temps. C'est alors que le voyageur est forcé de recourir à des hypothèses sur l'uniformité de l'accélération progressive, et que des mêmes observations il peut tirer des résultats très-différens. Quelquefois aussi une même cause agit sur plusieurs chronomètres à la fois, j'ai rapporté, dans un autre endroit (*Essai polit. sur le Mexique*, Vol. I, p. LXXXI, note 3), que dans le voyage de Malaspina à la côte nord-ouest de l'Amérique, quatre garde-temps d'Arnold donnoient, à 9' en arc près, une longitude qui différoit de la véritable de plus de 37'. M. de Krusenstern, qui a discuté avec beaucoup de sagacité ses propres observations et celles du savant astronome de son expédition, M. Horner, cite un exemple analogue à celui sur lequel nous venons de fixer l'attention des navigateurs (*Reise um die Welt auf den Schiffen Nadeshd.*

und Newa. *Petemb.* 1810, T. I, S. 210.). En général, la confiance qu'inspire l'accord entre des séries de distances lunaires, est bien supérieure à celle que donne l'accord de plusieurs garde-temps. Ces instrumens ne sont vraiment utiles à la géographie qu'entre les mains de ceux qui les emploient avec une extrême circonspection.

Quant à la détermination absolue du temps, un voyageur, sans être muni d'une lunette méridienne, peut atteindre, au moyen de hauteurs correspondantes prises avec des sextans, à la précision d'une seconde et souvent d'une demi-seconde. On trouvera plus bas (Vol. I, p. 3, 46, 51, 53, 57; Vol. II, p. 195, 419, 519) de fréquentes preuves de cette assertion. La rapidité avec laquelle, sous les tropiques, le soleil s'élève sur l'horizon, contribue à l'exactitude des angles horaires. Des hauteurs absolues donnent, lorsque l'astre n'est pas très-éloigné du premier vertical, une précision de trois et même de deux secondes. (Vol. I, p. 45, 214, 216, 251; Vol. II, p. 253, 361, 413.)

Pour connoître la limite des erreurs des hauteurs circumméridiennes prises avec les sextans, pendant le cours de mon voyage, j'ai noté, pour chaque série, les écarts de la moyenne, excepté dans les cas où une seule hauteur différoit de 20 à 25 secondes, tandis que toutes les autres s'accordoient à 6 ou 7 secondes. J'ai trouvé que sur 970 hauteurs il y en avoit 685 qui s'écartoient de moins de 20^{es}; et 440 qui s'écartoient de moins de 14^{es}. Ces écarts ne sont, sans doute pas très-considérables pour des instrumens à réflexion. Les réductions au méridien étant fréquemment assez fortes, la précision avec laquelle le temps a été marqué, influe beaucoup sur le résultat. C'est M. Bonpland qui a généralement compté la seconde au chronomètre, et les feuilles suivantes prouveront que, par amitié pour moi, il a souvent passé les nuits à veiller, lors même que le ciel étoit couvert de brumes et de nuages.

Parmi les hauteurs circumméridiennes qui offrent des écarts autour de la moyenne au-dessus de 14^{es}, il y en a encore au delà de la moitié dont le *maximum* d'erreur est entre 15^{es} et 28^{es}. Mais en comparant les résultats tirés de plusieurs séries, soit de la même étoile, soit d'étoiles différentes, les écarts sont généralement plus grands que ceux qu'offre une seule série. En examinant les latitudes obtenues dans le même endroit, par 6, 8 ou 10 étoiles (par exemple, à Cumana, Caraccas, Carthago, Popayan, Santa-Fe et Lima), j'ai trouvé, non sans regret, que les limites des erreurs autour de la moyenne s'élèvent à 16 ou 20 secondes, et quelquefois, sous des circonstances moins avantageuses,

à plus de 25 secondes. Les causes de ces anomalies, que M. Schubert a aussi observées dans son voyage à Irkoutsk, sont probablement la position de l'horizon artificiel qui est plus ou moins parfaitement calé, le manque de parallélisme des surfaces du grand miroir, la grandeur différente des étoiles, leur disque plus ou moins bien terminé, et quelquefois l'incertitude de l'erreur de la collimation. L'imperfection du grand miroir affecte naturellement bien plus les astres qui atteignent une hauteur considérable que ceux qui se présentent sous des angles plus petits. Mais l'erreur du résultat définitif qui est la moyenne de toutes les hauteurs, n'atteint pas de beaucoup le nombre de secondes que présentent les écarts extrêmes, comme le prouvent les latitudes de cinq villes dont la position est connue avec beaucoup de précision. A Barcelone, à Madrid, à Valence, à Cumana et à la Havane, les résultats de mes observations s'accorde avec les vraies latitudes à 8", 9", 7", 11" et 10' près. Celles de Valence et de Madrid (Vol. I, p. 12 et 19) n'ont cependant été déterminées par des cercles astronomiques répéteurs, que plusieurs années après mon départ d'Europe.

Je n'ai point cité, parmi les causes qui influent sur la différence des résultats tirés des observations de plusieurs étoiles, l'incertitude des déclinaisons. Quoique ces incertitudes s'élèvent jusqu'à quatre ou cinq secondes sexagésimales, même en comparant le catalogue de M. Piazzi au catalogue le plus récent, celui de M. Pond, elles disparaissent dans des observations de sextans : mais il est important d'examiner si le mouvement propre des étoiles peut rendre sensiblement différentes les latitudes obtenues par des étoiles australes et boréales.

L'astronomie offre plusieurs exemples de changemens qui, par leur petitesse extrême, échapperoient à nos observations, si, dans un long espace de temps, leur accumulation progressive ne les rendoit pas susceptibles d'être déterminés avec exactitude. De ce nombre est le déplacement des étoiles, sur lequel Jacques Cassini, Mayer, Lalande, Maskelyne, Herschel, et plus récemment encore MM. Prevost, Maurice et Schubert, ont fait des recherches intéressantes. Les mouvemens propres, les plus considérables en déclinaison, sont ceux d'Arcturus, de Sirius, de Procyon, de α d'Ophiuchus, de δ de l'Éridan et de ζ du Sagittaire. Ils s'élèvent, en comparant les observations de Mayer et de Piazzi, pour Arcturus, à 1",97; pour Sirius, à 1",24, et pour Procyon, à 0",95. On a cru pouvoir rendre raison de ces mouvemens en déclinaison combinés à ceux en ascension droite, en supposant un mouvement de translation de notre système planétaire vers

INTRODUCTION.

XXXI

α d'Hercule, et l'on a regardé les changemens considérables observés dans la position des étoiles les plus brillantes comme une preuve de leur plus grande proximité à la terre. Mais MM. Piazzi, Schubert et Biot ont prouvé que cette hypothèse est inadmissible, et que les mouvemens apparens des étoiles ne sont pas dirigés vers une même région du ciel. Quoique un très-grand nombre des étoiles visibles en Europe paroisse avancer vers le Sud, il y en a aussi plusieurs qui marchent dans une direction opposée. De plus, des mouvemens annuels en déclinaison, qui dépassent $0^{\circ},8$ à $0^{\circ},9$, ont été observés parmi les étoiles de grandeur très-différente. Des astres non moins brillans qu'Arcturus et Procyon, par exemple, Capella, Rigel, α du Cygne, α de la Vierge et Régulus, n'ont que $0^{\circ},41$, $0^{\circ},03$, $0^{\circ},09$, $0^{\circ},05$ et $0^{\circ},01$ de mouvement propre.

On a souvent agité la question si, depuis le milieu du dernier siècle, époque à laquelle Lacaille a fait son catalogue des étoiles de l'hémisphère austral qui ne sont pas visibles en Europe, les positions de ces étoiles ont subi des changemens considérables. Dans les deux Indes, un grand nombre de positions ont été déterminées par l'observation des hauteurs méridiennes de Canopus, d'Achernar et des belles étoiles de la Croix du Sud. Comme des changemens en déclinaison très-sensible ont été observés en Europe parmi les étoiles de première grandeur, on pourroit craindre que dans l'hémisphère austral il n'y ait, dans les constellations du Vaisseau, du Centaure, de la Croix et de l'Éridan, des étoiles dont le mouvement propre excède celui d'Arcturus. En supposant que Canopus, α du Centaure et Achernar, ne changeassent leur distance polaire que de la même quantité qui a été observée dans Arcturus, Sirius et Procyon, les latitudes calculées en 1802, d'après le catalogue des déclinaisons de Lacaille, corrigé par la variation annuelle, devroient être fausses de $52''$ et même de $1' 42''$.

Les recherches sur les mouvemens propres des étoiles conduisent à des résultats d'autant plus certains, que l'on peut comparer des observations faites à des époques plus éloignées les unes des autres. La durée du temps supplée en ce cas à la précision de l'observation. Un astronome qui examineroit aujourd'hui la position des étoiles australes auroit le grand avantage sur Wales, Bayly et Cook, d'être deux fois plus éloigné qu'eux de l'époque du voyage de Lacaille au cap de Bonne-Espérance. J'ai cru devoir insister sur cette considération pour prouver que, sans être muni d'un cercle astronomique

répétiteur, un voyageur peut faire disparaître une grande partie des doutes que l'on a élevés depuis si long-temps sur le déplacement des étoiles australes en déclinaison. Une erreur de 15° ou 20°, répartie sur cinquante-deux ans, ne rend encore douteux le mouvement propre que de 0^u,29 ou de 0^u,38.

J'ai observé, dans les régions équinoxiales, les belles étoiles du Vaisseau, du Centaure, de la Croix australe, du Poon, de l'Éridan et de la Grue. J'ai en soin, aussi souvent que l'occasion s'en est présentée, surtout à Santa-Fé de Bogota et sur les bords de la mer du Sud, de prendre, dans les mêmes lieux, les hauteurs méridiennes des étoiles boréales, dont le mouvement propre est assez exactement connu. Cette comparaison ne m'a pas offert des différences de latitude d'une minute ou d'une minute et demie, comme on devoit nécessairement les obtenir, si Canopus, Achernar ou α de la Croix australe avoient un mouvement propre, égal à celui de Sirius, de Procyon et d'Arcturus. J'incline à croire qu'aucune des dix grandes étoiles de l'hémisphère austral que j'ai observées, n'a au delà de 0^u,5 à 0^u,6 de mouvement propre par an. Pour infirmer ce résultat, il faudroit admettre des erreurs d'observation qui n'ont aucune probabilité. Le mouvement propre de Canopus est au moins trois fois plus petit que celui d'Arcturus : il paroît égal à celui de la plupart des étoiles de la quatrième ou cinquième grandeur. Cependant, en comparant la lumière de Canopus à celle de Sirius, je l'ai trouvée en raison de 98 à 100. Après Canopus, α du Centaure est l'étoile la plus belle du ciel austral, l'intensité de sa lumière étant à celle de Procyon, comme 96 à 88. La différence de lumière entre Achernar et Fomalhaut me paroît exactement la même que celle qu'on observe entre Sirius et Canopus.

S'il est facile de reconnaître, par mes observations et par celles des officiers espagnols embarqués sur les corvettes de Malaspina (*Espinosa*, *Memorias astronómicas*, T. I, p. 8 et 48), que le mouvement propre des grandes étoiles australes, dont Lacaille a déterminé la position, n'approche pas de celui d'Arcturus, de Sirius, de α d'Ophiuchus ou de Procyon, il n'est pas également aisé de prononcer sur la quantité et la direction de ce mouvement. J'ose me flatter que, revoyant un jour cette belle partie du ciel, je pourrai, muni d'un cercle répétiteur astronomique et d'une lunette méridienne, résoudre cette question, qui est plus importante encore pour la connoissance du système du monde que pour l'astronomie pratique. Il m'a paru qu'en

discutant avec soin les hauteurs méridiennes que j'ai prises à Santa-Fe de Bogota, à Carthago et à Lima, et en comparant les latitudes obtenues par Canopus, α et β du Centaure, α et β de la Grue, Achernar et l'œil du Paon à celles déduites des observations de Wega, α du Cygne et Sirius, on remarque une petite diminution dans la déclinaison des grandes étoiles australes que je viens de nommer. En tenant compte de la précession, de l'aberration et de la nutation, les étoiles australes ont donné, dans l'hémisphère boréal, des latitudes un peu trop faibles, tandis que ces dernières ont paru trop fortes dans l'hémisphère austral. Il est plus sûr de discuter la direction moyenne de la somme des mouvemens propres en déclinaison, que d'assigner à chaque astre ce qui lui appartient individuellement.

M. Ferrer croit avoir trouvé que le petit mouvement propre de Canopus est dirigé vers le nord, comme celui de Wega et d'Altair. La quantité de ce mouvement propre lui a paru de $0''.17$. Son observation paroit mériter toute confiance : elle a été faite avec un cercle à réflexion de Troughton de 10 pouces de diamètre, placé sur un pied, et muni de trois verniers divisés de 10 en 10 secondes. M. Ferrer a pris, dans un endroit dont la latitude est exactement connue, non seulement les hauteurs circumméridiennes de Canopus et de Sirius, mais aussi des distances d'une étoile à l'autre : les résultats s'accordent à moins d'une seconde, et il trouve, le 1.^{er} janvier 1808, pour la déclinaison moyenne de Canopus, $52^{\circ} 35' 34''.9$; pour celle de Sirius, $16^{\circ} 27' 36''.8$, (*Trans. of the American Soc.*, Vol. VI, p. 265 et 349.) J'ai vérifié ce calcul, en supposant exactes, non les déclinaisons absolues dépendantes de la latitude, mais la différence de déclinaisons de Sirius et de Canopus. Lacaille, dans son admirable ouvrage *Astronomie Fundamenta*, p. 173 et 178, donne, pour la distance zénithale de Canopus, réduite au 1.^{er} janvier 1750, $18^{\circ} 38' 27''.0$; pour celle de Sirius, $17^{\circ} 31' 16''.3$. Ce résultat se fonde sur quinze observations de Canopus, qui ne s'écartent pas au delà de $2''$ et $2''.5$ autour de la moyenne; de plus, l'examen approfondi que M. Delambre a fait des déclinaisons déterminées par Lacaille, prouve que cette partie de ses observations, comme toutes les autres, offrent la plus grande précision. Sirius et Canopus se trouvant, pour l'horizon du cap de Bonne-Espérance, placés au nord et au sud du zénith, il en résulte que la distance des étoiles, augmentée de la réfraction qui n'est point comprise dans les réductions (*Astron. Fund.*, p. 160), est de $36^{\circ} 10' 25''.9$. Cette distance doit diminuer progressi-

vément, et par l'effet de la précession des équinoxes qui est plus sensible sur Sirius que sur Canopus, et par le mouvement propre de la première de ces étoiles qui est dirigée vers le Sud. En supposant ce mouvement propre de $1''.24$, et la variation annuelle de $3''.05$ pour Sirius, et de $1''.65$ pour Canopus, il en résulte que la distance des deux étoiles devoit être, le 1.^{er} janvier 1808, de $36^{\circ} 7' 52''.8$. Or, M. Ferrer l'a trouvée de $36^{\circ} 7' 58''.1$; d'où il s'ensuivroit que Canopus, par l'effet d'un mouvement propre vers le Sud, s'est éloigné de $4''.2$ en cinquante-huit ans, si le mouvement propre de Sirius étoit connu avec assez d'exactitude pour que, dans un si long intervalle, on pût répondre d'une si petite quantité. Cette petitesse du mouvement propre de Canopus doit d'autant moins nous surprendre, que Rigel, Régulus, Aldebaran, et d'autres belles étoiles visibles dans nos climats n'en ont pas de plus grands. En général, sur 500 de ces étoiles qui ont été examinées avec soin, il n'y en a que 36 dont le mouvement propre excède $0''.3$ par an (*Zach, Tabulæ spec. aberrat.*, 1806, p. 66. *Conn. des temps pour l'an 1808*, p. 354. *Schubert theoret. Astronomie*, 1798, T. II, S. 52). Mais pour distinguer ces mouvemens propres des mouvemens parallactiques, pour reconnoître ce qui appartient au déplacement des étoiles ou à celui de notre système, il faut avoir recours à des hypothèses sur la grandeur et sur la distance relative des astres, peu admissibles dans l'état actuel de nos connoissances.

M. Ferrer a trouvé, le 27 janvier 1808, par dix séries, la distance de Sirius à Canopus, corrigée de la réfraction, de $36^{\circ} 17' 19''.4$. Je l'avois fixée à Lima (lat. $12^{\circ} 2' 34''$), le 2 décembre 1802, à $9^h 17' 10''$, temps moyen, à $36^{\circ} 16' 42''$. La distance apparente de Canopus à Achernar étoit, à $9^h 11' 2''$, de $39^{\circ} 23' 20''$; celle de α et β de la Grue, à $9^h 25' 40''$, de $5^{\circ} 50' 48''$. Ces distances observées sont dégagées de l'erreur de collimation, mais non de l'effet de la réfraction. C'est par une triangulation semblable que Riccioli et Hevelius ont commencé à lever la carte du ciel étoilé. En se servant d'instrumens à réflexion, il est extrêmement difficile d'éviter les erreurs de la déviation; à moins qu'on n'emploie un diaphragme d'une si petite ouverture que le champ libre de la lunette soit réduit, comme dans quelques sextans de Troughton, au centre de l'objectif seul.

Les observations renfermées dans ce Recueil ont été rangées dans un ordre chronologique. Elles ont pour objet, ou la détermination astronomique des

lieux en latitude et en longitude, le nivellement du sol (Vol. I, p. 284-376), et le décroissement du calorique considéré sous le rapport de son influence sur les variations de la réfraction près de l'horizon (Vol. I, p. 107-156). Les déterminations astronomiques embrassent la partie de l'Amérique équinoxiale renfermée entre les 12° de latitude australe, et les 23° de latitude boréale; nommément, l'intérieur des provinces de la Nouvelle-Andalousie et de la Nouvelle-Barcelone; les vallées de Caracas et d'Aragua; les *steppes* ou prairies (*Llanos*) qui s'étendent depuis les montagnes de Guigué jusqu'aux forêts de la Guiane espagnole; les bassins des rivières de l'Apuré, de l'Orénoque, du Cassiquiare et du Rio Negro; l'île de Cuba et les îlots qui l'avoisinent; la rivière de la Madeleine; les Cordillères de la Nouvelle-Grenade; la vallée du Rio Canéa; les provinces de Popayan et de Los Pastos; les Andes de Quito et du Pérou; la province de Jaén de Bracamoros, entre les rives du Chamaya et de la rivière des Amazones, et une partie du royaume de la Nouvelle-Espagne. Au milieu d'une nature sauvage, dans des forêts où les habitations des hommes n'ont encore que très-peu de stabilité, j'ai tâché d'observer soit à l'embouchure des rivières, soit au pied de quelque rocher remarquable, partout où il y a des points faciles à reconnoître.

En considérant la longueur du chemin que j'ai eu à parcourir, on ne sera pas surpris de voir que je n'ai pu qu'ébaucher, pour ainsi dire, la carte des pays que j'ai traversés. Il faudroit une longue suite d'années pour lever en détail le plan de l'Orénoque ou du Rio de la Magdalena. Les travaux que MM. Ellicot et Dunbar ont exécutés sur les rives du Mississipi, ceux que des ingénieurs françois ont faits sur les bords du Nil, peuvent être regardés comme des modèles en ce genre. La géographie ne profite généralement que très-tard des secours que lui offrent les observations des voyageurs, si ces derniers ne prennent soin de tracer eux-mêmes la carte de leurs routes. Les observations les plus précises restent enfouies dans des ouvrages d'astronomie, et les cartes les plus récentes et les plus accréditées perpétuent des erreurs qui ont été relevées depuis long-temps. C'est ainsi, comme je l'ai fait voir dans un autre endroit, que sur la grande carte des Indes occidentales publiée par Arrowsmith en 1803, malgré les belles observations de MM. Ferrer et Lasvirivil, tous les endroits placés entre Mexico et la Vera-Cruz, se trouvent jetés comme au hasard (*Essai politique sur la Nouvelle-Espagne*, Vol. I, p. xxvi).

Depuis que l'impression de ce *Recueil* a été terminée, j'ai reçu, par la
Astronomie.

bienveillance de l'amiral Don Josef Mazaredo, qui a tant contribué aux progrès de l'astronomie nautique, l'analyse raisonnée des cartes publiées par le *Deposito hidrografico de Madrid*. Cet ouvrage important, rédigé par le chef d'escadre, Don Josef Espinosa, porte le titre de *Memorias sobre las observaciones astronomicas hechas por los Navegantes Espanoles en distintos lugares del Globo* (deux volumes in-4.^o, Madrid, 1809) : il offre les observations originales faites dans les expéditions mémorables de Malaspina, Churrucua, Fidalgo, Galiano et Cevallos qui, depuis l'année 1788, ont changé, pour ainsi dire, la géographie des côtes de l'Amérique. Comme les navigateurs espagnols, munis d'instrumens plus nombreux et plus parfaits, ont fixé la position d'un grand nombre de points que j'ai déterminés dans mon voyage, nous avons eu la satisfaction, M. Oltmanns et moi, de voir confirmer la majeure partie des résultats auxquels nous nous sommes arrêtés. Cet accord est d'autant plus rassurant que les longitudes ont été obtenues par des méthodes très-différentes, et que les points les plus importants pour la géographie de l'intérieur de l'Amérique ont été rapportés à des caps, à des ports ou à des villes placés près des côtes. Comme l'ouvrage de M. Espinosa, et celui que nous publions en ce moment, renferment à peu près tout ce que nous savons jusqu'à ce jour sur la géographie astronomique de la Péninsule et des colonies espagnoles, il sera utile de consigner ici le tableau comparatif des points les plus remarquables pour lesquels nos résultats s'accordent d'une manière satisfaisante. J'indiquerai, en même temps, les différences que l'on observe entre le tableau des latitudes et des longitudes inséré dans ce *Recueil*, et celui que renferme l'intéressant ouvrage de M. Espinosa. Ces différences doivent fixer l'attention des navigateurs instruits qui visiteront ces parages après nous : elles ne s'élèvent généralement qu'à vingt secondes en temps, ou à un douzième de degré de longitude; ce qui prouve la perfection qu'ont atteinte les instrumens à réflexion, et surtout les tables astronomiques.

J'ai réduit les longitudes comptées à l'ouest du méridien de Cadix au méridien de l'observatoire de Paris, en supposant Cadix, avec M. Espinosa (Vol. I, p. 45), de 8° 37' 0" à l'ouest de Paris. Mais j'ai ajouté 30" en arc dans la réduction des belles observations de M. Cevallos, ce navigateur admettant (Vol. II, p. 119) 0" 34' 30" pour la différence des méridiens.

INTRODUCTION.

XXXV

NOM DES POSITIONS.	LONGITUDES d'après le Tableau des Positions inséré dans ce Recueil.	LONGITUDES d'après l'Ouvrage publié au Dépôt des Cartes hydrographiques de Madrid.		DIFFÉRENCE en temps.
Madrid.....	0 ^h 24' 10"	0 ^h 24' 8"	Bauza.	— 2"
Cumana.....	4 ^h 26' 0"	4 ^h 25' 56"	Fidalgo.	— 4"
Carthagène des Ind.	5 ^h 11' 20"	5 ^h 11' 24"	Fidalgo.	+ 4"
Havane.....	5 ^h 58' 52",5	5 ^h 58' 53"	Memorias (II 91).	+ 0",5
Porto-Rico.....	4 ^h 34' 14"	4 ^h 34' 15"	Cevallos (II 118).	+ 1"
Vera-Cruz.....	6 ^h 53' 56"	6 ^h 53' 55"	Cevallos (II 149).	— 1"
Mexico.....	6 ^h 45' 42"	6 ^h 45' 40"	(Mem. II 58).	— 2"
Nueva Barcelona..	4 ^h 28' 19"	4 ^h 28' 13"	Fidalgo.	— 7"
Cap N. E de Tabago.	4 ^h 11' 10"	4 ^h 11' 15"	Churruena.	+ 5"
Cap Portland.....	5 ^h 27' 14",3	5 ^h 27' 22"	Fidalgo.	+ 7",7

L'ouvrage de M. Espinosa offre souvent, pour les mêmes positions, des résultats qui diffèrent considérablement entre eux. Lorsque les longitudes ont été déterminées par plusieurs méthodes à la fois, on peut les combiner de manière ou à leur accorder à toutes une valeur égale, ou à donner la préférence, soit aux occultations d'étoiles, soit aux distances lunaires. Je me suis arrêté, dans le tableau précédent, aux résultats que j'ai trouvés dans les derniers mémoires publiés par le *Dépôt hydrographique* de Madrid : car dans les premiers, la longitude de Mexico est indiquée de 6^h 46' 0"; et dans un journal rédigé à la Vera-Cruz, par M. de Cevallos, en 1802, cet officier assigne à la ville de Porto-Rico une longitude de 4^h 33' 58". Voici maintenant les points sur lesquels je diffère des navigateurs espagnols, et de quelques autres astronomes qui ont observé aux mêmes endroits que moi.

Barcelone. Latitude de la cathédrale, 41° 22' 58",8; latitude de la Fontana de Oro, 41° 22' 44",9. Ces deux résultats des observations de Méchain ne diffèrent que de quelques secondes de ceux que nous donnerons plus bas (Vol. I, p. 5) : ils sont consignés dans le troisième volume de la *Base du Système métrique*, p. 268. J'ai trouvé, à la Fontana de Oro, 41° 22' 37",7. La longitude de la cathédrale de Barcelone, que la *Connaissance des Temps* indiquoit, jusqu'en 1806,

de 33° à l'ouest de Paris, a été supposée dans le premier livre de notre ouvrage, imprimé en 1808, d'après les calculs de M. Delambre, de 38°.

Mont-Serrat. J'ai trouvé l'abbaye par les 41° 35' 35" de latitude, et les 1° 55' 6" de longitude occidentale de Barcelone. M. Delambre (*Base*, T. III, p. 268), admet, pour le signal placé près de l'hermitage de Saint-Jérôme, 41° 36' 15" de latitude, et 1° 28" de longitude à l'ouest de la Fontana de Oro de Barcelone. Mais l'abbaye est placée dans la partie sud-ouest de la montagne (*Base*, T. I, p. 486).

Venta de la Sanieta. J'ai pris, le 2 février 1799, dans une hôtellerie isolée, des hauteurs méridiennes de Rigel et de Sirius. Les deux observations s'accordent à 6",5 près, et le lieu de mon observation se trouva par les 40° 8' 37" de latitude, et les 0^h 9' 6",3 de longitude. La langue espagnole ne m'étant pas familière à cette époque, je crus entendre que cette hôtellerie s'appeloit la *Sienita*, et qu'elle étoit à cinq lieues au nord d'Alcala de la Serba. J'ai été averti de mon erreur par M. Arago, qui, chargé de la prolongation de la méridienne, avoit parcouru ce pays avant les malheurs pendant lesquels il a déployé un si noble et courageux dévouement pour les sciences. Ce savant m'a fait voir, que mon observation a été faite à la Venta de la Sanieta, près de Torre Blanca, qui est à peu près 3' au nord d'Oropesa (*Itinéraire de M. Laborde*, Vol. I, p. 286), et cinq lieues au sud d'Alcala del Chivert. Dans la carte du royaume de Valence, l'abbé Cavanilles place Oropesa avec Tofiño, par les 40° 6' de latitude (*Observations*, T. I, p. 47). Cette position donne également 40° 9" pour la Venta de la Sanieta. Quant au village de *los Monges*, que je trouve de 0^h 1' 45" à l'ouest de Barcelone, les cartes espagnoles le placent 17" plus à l'est.

Aranjuez. Il pouvoit rester quelques doutes sur la latitude de ce château, que Lopez admet de 3' trop boréale. M. Espinosa (*Mem.*, T. I, p. 138) a publié l'observation du capitaine Don Juan Francisco Aguirre, qui donne : latitude, 40° 2' 30"; et longitude, 24" à l'est de Madrid. M. Bauza avoit trouvé : latitude, 40° 1' 54"; longitude, 22",5. Je n'avois pu obtenir, en 1799, que des doubles hauteurs très-éloignées du méridien : elles donnent, en n'en rejetant aucune, d'après la méthode de Dourès, 40° 2' 44". Voyez plus bas, p. 23.

La Corogne et le Ferrol. J'ai trouvé le premier port 0^h 18' 52" à l'ouest de Madrid, d'où résulte, pour l'observatoire de la marine du Ferrol, 0^h 42' 21" à l'ouest de Paris. Cette longitude, qui diffère de 36" en temps, de celle

adoptée primitivement par Tofiño, a été confirmée par l'occultation d'Aldebaran, du 21 octobre 1793, calculée par Méchain et M. Triesnecker, et par plusieurs observations de satellites faites par M. Ferrer et par l'amiral Mazaredo. En prenant la moyenne de toutes les observations publiées récemment dans l'ouvrage de M. Espinosa (*Memorias*, T. 1, p. 23-27), je trouve la longitude du Ferrol :

Par sept éclipses des premier et deuxième satellites de Jupiter comparées à des observ. correspondantes	0 ^h 7' 48", à l'occ. de Cadix
Par l'éclipse du soleil du 15 septembre 1792.....	7' 58"
Par l'éclipse du soleil du 5 septembre 1793.....	7' 54"
Par l'occultation d'α du Taureau de 1795.....	7' 42"
	0 ^h 7' 50",5

ou 0^h 42' 21", ce qui ne diffère pas d'une demi-seconde de la longitude donnée par mon chronomètre en 1799. Comme la plupart des expéditions militaires pour l'Amérique sortent de Cadix, de Carthagène et du Ferrol, l'ancienne erreur de 8 à 9 minutes sur la longitude du dernier de ces ports n'a pas seulement augmenté l'incertitude des atterrages, mais elle a aussi contribué à faire naître des doutes peu fondés sur la position de plusieurs points du Nouveau Continent.

Sainte-Croix de Ténériffe. Le résultat de mes observations a été confirmé trois ans plus tard, par l'expédition de M. de Krusenstern. M. Horner a trouvé le méridien de Sainte-Croix, par la montre marine d'Arnold, n. 128, de 16° 12' 45" à l'ouest de Greenwich, ou de 18° 33' 10" à l'ouest de Paris. Le garde-temps de Louis Berthoud, n. 27, m'avait donné 18° 33' 5" (*Reise um die Welt*, Th. I, S. 78). M. Quenot avait trouvé 18° 33' 36", et l'infortuné capitaine Bligh, 18° 34' 20". Les observations plus anciennées de Borda, Fleurieu et Pingré, celles de Vancouver et de La Peyrouse, diffèrent des miennes de 12 à 16" en temps : elles donnent toutes des longitudes plus occidentales ; mais, affectées de l'erreur de position des points de départ, elles s'accordent assez mal entre elles. Les montres marines de d'Entrecasteaux fixèrent Sainte-Croix, d'après différentes hypothèses sur leur retard, à 18° 39' 3" ou à 18° 43' 30". Cette dernière longitude s'approche un peu de celle obtenue par Cook qui, par des distances lunaires calculées d'après les anciennes tables non corrigées, place Ténériffe trop à l'ouest de plus de 14 à 20 minutes en arc. Comme

la plupart des expéditions entreprises pour le perfectionnement de la géographie nautique vont reconnoître le Pic de Ténériffe, et que les navigateurs jugent de la marche de leurs chronomètres par la précision avec laquelle ces instrumens leur donnent le résultat qu'ils regardent comme la véritable longitude du môle de Sainte-Croix, il seroit à désirer que cette longitude fût enfin vérifiée par quelque occultation d'étoile, ou par des éclipses du soleil (*Mon. Corresp.*, 1808, S. 125). En récapitulant tout ce que nous avons rapporté dans cet ouvrage sur la position de Sainte-Croix, on trouvera extrêmement probable que sa longitude n'est ni moindre que $18^{\circ} 33'$, ni plus grande que $18^{\circ} 36'$.

Puerto España, dans l'île de la Trinité, d'après M. Espinosa, $63^{\circ} 50' 29''$; d'après M. Oltmanns, $63^{\circ} 58' 15''$. Cette différence de $30''$ en temps mérite d'autant plus d'attention que les navigateurs espagnols ne diffèrent de moi sur Cumana et le cap Nord-Est de Tabago, que de $\frac{1}{4}$ à 5 secondes, en plus et en moins. M. Espinosa, en publiant les résultats des opérations de Churruca et de Fidalgo, admet, pour la différence des méridiens de Cumana et de Puerto España, $2^{\circ} 38' 31''$, tandis que M. Fidalgo, en 1801, avoit fixé cette différence à $2^{\circ} 41' 9''$. M. Oltmanns trouve $2^{\circ} 31' 45''$, en réduisant Puerto España à la ville de Porto-Rico qui est un des points les mieux déterminés des îles Antilles (*Voyez* plus bas, p. 90). Quoique cette réduction se fonde sur des observations de Churruca qui sont généralement très-précises, il peut rester cependant quelque doute sur le premier méridien des colonies espagnoles. Voici les résultats chronométriques :

Puerto España	lié à Cumana.....	$63^{\circ} 48' 51''$
	lié à Cadix, d'après Fidalgo.....	$63^{\circ} 55' 51''$
	lié à Cadix, d'après Churruca....	$63^{\circ} 58' 51''$
	lié à Porto-Rico.....	$63^{\circ} 58' 15''$

La longitude de Cumana, incertaine, en 1792, de trois quarts de degrés, est sûre aujourd'hui à quelques secondes près : elle se fonde sur des observations d'éclipses de soleil, de satellites de Jupiter et de distances lunaires. Il est, par conséquent, probable que la différence qu'offre la position de Puerto España, réduite à celle de Cumana, provient en grande partie de l'incertitude qui affecte la distance de ces deux ports voisins. Seroit-elle moindre de $2^{\circ} 41' 9''$? Les officiers qui ont été employés dans l'expédition de

Fidalgo, auroient-ils trouvé d'autres résultats en discutant plus soigneusement leurs observations chronométriques? M. Antillon, qui a eu communication des manuscrits déposés aux archives du *Deposito Hidrografico* de Madrid, admet, pour la différence des méridiens de Cumana et de Puerto España, $2^{\circ} 32' 28''$; ce qui, donneroit à ce dernier port $63^{\circ} 56' 32''$, ou à peu de secondes près, ce que M. Oltmanns trouve par Porto-Rico. En réduisant, par les opérations de Churruca, le cap Nord-Est de Tabago à Puerto-España, mon chronomètre a placé Cumana de $2^{\circ} 40' 46''$ à l'ouest du premier méridien de l'Amérique espagnole.

Cap N. E. de Tabago à l'est de Cumana...	$3^{\circ} 43' 30''$
Le même cap à l'est de Puerto España...	$1^{\circ} 1' 44''$
Différence	$2^{\circ} 41' 46''$
Cumana	$66^{\circ} 30'$
Puerto España.....	$63^{\circ} 50' 14''$

Ce dernier résultat est identique avec celui auquel s'arrête M. Espinosa (*Memorias*, Vol. I, p. 80).

La Guayra et Caracas. Lorsqu'au mois d'avril 1801, j'eus la satisfaction de rencontrer M. Fidalgo à Carthagène des Indes, et qu'il voulut bien employer quelques jours pour comparer les résultats de mes observations avec ceux qu'il avoit obtenus pendant le cours de son expédition, il fixa, par le transport du temps, Cumana à $66^{\circ} 40' 54''$; Nueva Barcelona, à $67^{\circ} 12' 28''$; le cap Codera, à $68^{\circ} 36' 56''$; la Silla de Caracas, à $69^{\circ} 19' 20''$; la Guayra, à $69^{\circ} 26'$ de longitude. M. Ferrer admet définitivement, en 1809 (*American Trav.*, Vol. VI, p. 162 et 360), pour Nueva Barcelona, $66^{\circ} 59' 45''$; pour le cap Codera, $68^{\circ} 15' 6''$; pour Caracas, $69^{\circ} 10' 40''$; et pour la Guayra, $69^{\circ} 13' 30''$. Ces déterminations se fondent, pour le dernier port, sur des observations d'éclipses de satellites de Jupiter, faites simultanément à Natchez et à la Guayra. Mais ces mêmes éclipses, comparées aux tables corrigées de M. Delambre, ont donné à M. Oltmanns (*Voyez plus bas*, p. 190) $69^{\circ} 30' 0''$, tandis qu'il résulte du transport du temps de Porto-Rico, $69^{\circ} 26' 0''$, et des distances lunaires observées à la Guayra par M. Ferrer, et calculées d'après les tables de Mason, non corrigées, $69^{\circ} 18' 0''$. M. Espinosa s'arrête (*Memorias*, Vol. II, p. 91), pour Cumana, à $66^{\circ} 29'$; pour Nueva Barcelona, à $67^{\circ} 3'$; pour le cap Codera, à $68^{\circ} 24' 22''$; pour Caracas,

à $69^{\circ} 14' 30''$; et pour la Guayra, à $69^{\circ} 27' 57''$: il attribue des trois premières déterminations à l'expédition de Fidalgo, et les deux dernières à M. Ferrer. J'ai tâché de fixer les longitudes de Cumana et de Caracas, par la seule observation des phénomènes célestes; M. Oltmanns trouve, pour Cumana, $66^{\circ} 30' 0''$; pour Nueva Barcelona, $69^{\circ} 4' 48''$; pour Caracas, $69^{\circ} 25' 0''$; et pour la Guayra, $69^{\circ} 27' 0''$. En comparant ces différentes positions, on s'aperçoit que les derniers résultats s'accordent assez bien avec ceux que m'a communiqués M. Fidalgo, et que les longitudes de M. Ferrer sont de $52''$ à $56''$ en temps trop orientales. Je réunirai ici les observations absolues qui me paroissent prouver que la longitude de Caracas n'est pas plus petite que $4^h 37' 20''$.

Caracas, par mes distances lunaires calculées d'après les tables de Bürg, $69^{\circ} 21' 45''$
 par cinq éclipses de satellites que j'ai observées..... $69^{\circ} 28' 15''$
 par des distances lunaires observées à la Guayra, par M. Ferrer,
 et calculées d'après les tables de Mason..... $69^{\circ} 15' 20''$
 par trois éclipses de satellites observées par M. Ferrer, à la
 Guayra, et comparées aux tables corrigées..... $69^{\circ} 27' 10''$

En ajoutant à ces quatre déterminations absolues deux autres résultats qui se fondent sur le transport du temps, savoir :

Caracas, par Porto-Rico, après huit jours de navigation, d'après deux
 montres marines de M. Ferrer..... $69^{\circ} 23' 20''$
 par Cumana, selon les chronomètres de Fidalgo qui place la
 Guayra à $2^{\circ} 45' 6''$ à l'ouest de Cumana..... $69^{\circ} 15' 6''$

on trouveroit pour la moyenne, $69^{\circ} 21' 20''$.

Quant à la différence de longitude entre la Guayra et Caracas, elle me paroît un peu moindre que MM. Ferrer et Espinosa la supposent. Je fonde ce doute sur l'angle apparent de la Silla, observé à Caracas. Cette haute cime se trouve, d'après Fidalgo, de $0^{\circ} 6' 40''$ à l'est de la Guayra. Le cap Codera a été rapporté à ce dernier port, en supposant, avec M. Ferrer, $58' 38''$ de différence de longitude entre la Guayra et le Cap (*Voyez plus bas*, Vol. II, p. 568). M. Fidalgo m'a assuré avoir trouvé, par trois chronomètres d'Arnold, le cap Codera de $1^{\circ} 56' 2''$ à l'ouest du château de Saint-Anioine

de Cumana; or, comme il place Cumana de $2^{\circ} 45' 6''$ à l'est de la Guayra, il en résulte que la différence des méridiens du Cap et de la Guayra ne seroit que de $49' 4''$. Voilà une incertitude bien considérable pour un trajet d'une seule nuit. M. Espinosa place le Cap par les $53' 35''$ à l'est de la Guayra; mais il faut observer que, dans son tableau, il a combiné les observations de M. Ferrer avec celles de M. Fidalgo.

Puerto Cabello. La position trop orientale de la Guayra influe naturellement aussi sur la longitude de Puerto Cabello. M. Espinosa la suppose de $70^{\circ} 23' 45''$, tandis que M. Fidalgo la trouvoit de $70^{\circ} 32' 25''$. M. Oltmanns s'arrête à $70^{\circ} 37' 3''$, en admettant, avec les navigateurs espagnols, la différence de longitude de la Guayra et Puerto Cabello, de $1^{\circ} 4' 43''$. La latitude trouvée en 1704, par le père Feuillée, a été confirmée par les observations de M. Fidalgo, qui a trouvé le *Baluarte de San Carlos* à la pointe méridionale de l'entrée du port par les $10^{\circ} 29' 23''$ nord (Voyez plus bas, p. 206; et *Memorias*, Vol. II, p. 84).

Santa Marta. M. Oltmanns a soumis à de nouveaux calculs les anciennes observations de Feuillée et d'Herera: il a trouvé, pour la latitude, $11^{\circ} 19' 39''$; pour la longitude, $76^{\circ} 28' 45''$ (*Recueil*, Vol. II, p. 569). La latitude du père Feuillée est trop forte de $4' 14''$; mais la longitude d'Herera est très-bonne, et démontre d'une manière bien remarquable combien les tables des satellites de M. Delambre offrent de précision, en remontant à une époque de près de soixante-dix ans. M. Fidalgo place

Santa Marta.....	lat. $11^{\circ} 15' 25''$ et long. $76^{\circ} 32' 30''$	
Sierra Nevada de Santa Marta...	$10^{\circ} 51' 0''$	$75^{\circ} 59' 0''$
Cabo la Vela.....	$12^{\circ} 10' 2''$	$74^{\circ} 32' 40''$
Cabo Chichivaco.....	$12^{\circ} 15' 24''$	$73^{\circ} 35' 52''$
Castillo de San Carlos, à l'embou- chure du lac de Maracaybo...	$11^{\circ} 0' 17''$	$73^{\circ} 53' 30''$
Cabo San Roman.....	$12^{\circ} 10' 53''$	$72^{\circ} 24' 15''$
Vela de Caro.....	$11^{\circ} 27' 5''$	$71^{\circ} 58' 16''$

J'ai cru rendre quelque service à la géographie, en consignait dans cet ouvrage les véritables résultats d'observations astronomiques, parce que les cartes, copiées les unes sur les autres, offrent des différences qui, pour la plupart, ne doivent être attribuées qu'au peu de soin avec lequel on les a tracées sur le cuivre.

INTRODUCTION.

Isles voisines de la côte de la Terre-Ferme. Les points suivans ont été déterminés, à différentes époques, par M. Fidalgo et par moi; l'accord est généralement à 12 ou 15 secondes en temps.

Cap Macanao.....	66° 47' 3"	par mes observ.	66° 48' 0"	par M. Fidalgo.
Coche, Cap-Est.....	66° 11' 55"		66° 13' 16"	
Cabo de Tres-Puntas..	65° 4' 5"		65° 0' 10"	
Piritu, Ile.....	67° 19' 20"		67° 14' 27"	
Roca de Afuera.....	68° 53' 31"		68° 54' 0"	
Orchila, Cap-Ouest..	68° 54' 31"		68° 51' 3"	

J'ai trouvé le centre de l'île Tortuga 67° 54' 28" à l'ouest de Paris. M. Fidalgo la place de 1° 13' 29" à l'occident de Cumana, ce qui donne 67° 43' 29". M. Espinosa admet une longitude encore plus orientale. Comme, dans le même trajet, j'ai relevé les îles Tortuga, Orchila et Roques, je pense que ma longitude ne peut pas être en erreur d'une quantité considérable (*Recueil*, Vol. II, p. 2). Les observations de M. Fidalgo ont aussi prouvé que mes doutes sur la position de *Boccas del Drago* étoient fondés. La véritable longitude du bord occidental, que forme la Punta de la Peña, est de 64° 13', en supposant Puerto España 63° 50' 29" (*Voyez* plus bas, p. 36). Mon observation à Punta Araya a été faite à la Nouvelle Saline, au nord et presque dans le méridien des ruines du château. D'après des opérations géodésiques, que je viens de calculer, cette Nouvelle Saline me paroît située au moins quatre minutes en arc à l'ouest de Cumana. M. Fidalgo avoit trouvé le château ruiné d'Araya de 2° 46' 43" à l'occident de Puerto España, en supposant ce dernier 2° 41' 9" à l'est de Cumana.

Banc de la Fibora. J'avois pensé que le récif sur lequel nous avons manqué de nous perdre la nuit du 6 au 7 décembre 1800, et que j'avois placé, par des calculs préalables, par les 16° 50' de latitude, et les 80° 26' de longitude, pouvoit être le même qui a été déconvent en 1798 par le vaisseau espagnol *el Monarca* (*Recueil*, T. II, p. 10). M. Espinosa vient de publier la véritable position de la *Piedra del Monarca*; cet écueil se trouve placé par les 16° 44' 26" de latitude, et les 80° 23' 23" de longitude (*Memorias*, Vol. II, p. 68). M. Oltmanns, en supposant un autre retard de mon chronomètre et une autre longitude de Nueva Barcelona, trouve, pour le récif que j'ai relevé, à peu près 80° 43' 49". Il est extrêmement important de fixer

l'attention des navigateurs sur ces brisans qui, à ce que je crois, ne sont encore marqués sur aucune carte. Quoique nous ne différions, M. Fidalgo et moi, que de 7" en temps sur le cap Portland, l'accord entre ses observations et les miennes est moins satisfaisant pour la longitude de *las Ranas*, qu'il place de 12' 16" plus à l'ouest. D'après ce même navigateur, les *Pedro's Keys* sont placés par les 80° 1' de longitude; ce qui prouve qu'à l'entrée de la nuit nous les avons mal relevés du haut du mât. Un calcul fait à bord m'avoit donné 80° 13' 45". J'aime à consigner ici tous les points qui me paraissent douteux.

Les Caimans. Les navigateurs désiroient depuis long-temps des observations précises pour fixer la position des trois îlots du grand Caiman, du petit Caiman et du Caiman-brac. J'ai déterminé deux de ces îlots dans mon trajet de Cumana à la Havane, et du Batalano à Carthagène des Indes. Les observations que j'ai faites au mois de décembre 1800, et au mois de mars 1801, ont été confirmées par M. de Cevallos qui, en 1802, a relevé le petit Caiman et le Caiman-brac (*Voyez* plus bas, Vol. II, p. 11 et 112; et *Memorias*, Vol. II, p. 99, 138 et 144).

« Les écueils des petits Caimans, dit ce savant navigateur, ont une étendue de plus de trente minutes en longitude, ce qui est le double de ce qu'on leur a supposé jusqu'ici. Le cap oriental du petit Caiman oriental se trouve de 12° 26' 12" à l'ouest de l'Aguadilla de Porto-Rico. » Cette observation se fonde sur le transport du temps pendant dix jours de navigation : or, l'Aguadilla est, d'après M. de Cevallos, 0° 59' 54" à l'ouest du *Castillo del Morro* de la ville de *San Juan de Puerto-Rico*; et en supposant cette ville, avec M. Oltmanns, par les 68° 33' 30" de longitude, nous trouvons, pour le cap oriental du Caiman-Brac, 81° 59' 36". Si M. Espinosa (*Memorias*, Vol. II, p. 66, 99 et 138) s'arrête à 81° 52' 26", c'est qu'il admet une longitude de Porto-Rico, un peu plus orientale que la nôtre. Quant à l'îlot du grand Caiman, les navigateurs espagnols n'en ont déterminé que la latitude. Ils placent le cap Est, par les 19° 18' 40". J'ai trouvé 19° 19' 0"; l'accord est tel qu'on peut le désirer dans des observations faites à la voile. Mais le *Deposito hidrográfico* qui, dans ses cartes du *Seno Mexicano* (1799), et de l'*Océano Atlantico* (1804), assignoit au cap oriental du grand Caiman, 82° 58' de longitude, lui donne aujourd'hui, dans le tableau des positions, publié dans l'ouvrage de M. Espinosa, 83° 40'. Cette dernière position est

sans doute fausse de plus de trois quarts de degré. J'ai trouvé, par des observations qui paroissent mériter toute confiance, $82^{\circ} 59' 4''$. Avant le voyage de M. de Cevallos et le mien, les navigateurs supposoient, entre le petit Caïman occidental et le grand Caïman, une passe de 50 milles de large. La carte espagnole de 1804 réduit cette passe à 30 milles; et, si les deux petits Caïmans occupent une étendue de 30 minutes en arc, l'ouverture est encore plus petite. Pour confirmer ces résultats, et pour lever toute espèce de doute, il faudroit que, dans un même trajet, on fixât à la fois, par le transport du temps, la longitude des trois îlots.

Côtes méridionales de l'île de Cuba. M. Espinosa admet, pour la ville de la Trinité, $21^{\circ} 42' 40''$. Nous avons prouvé plus bas (Vol. II, p. 72) que cette position est probablement fautive de plusieurs minutes. Voici d'autres longitudes que nous avons déterminées, à diverses époques, les navigateurs espagnols et moi, et sur lesquelles les différences ne sont que peu considérables. J'ai compté les longitudes à l'ouest du méridien du Batabano (*Memorias*, Vol. II, p. 65).

Punta Matahanibre.....	$0^{\circ} 6' 56''$	—	$0^{\circ} 8' 11''$
Cayo de Don Christobal....	$0^{\circ} 25' 11''$	—	$0^{\circ} 24' 56''$
Cayo Flamenco.....	$0^{\circ} 46' 10''$	—	$0^{\circ} 42' 24''$
Cayo de Piedras.....	$1^{\circ} 8' 53''$	—	$1^{\circ} 8' 44''$
Cayo de Diego Perez.....	$0^{\circ} 46' 41''$	—	$0^{\circ} 42' 51''$
Rio Guaurabo.....	$2^{\circ} 14' 1''$	—	$2^{\circ} 22' 16''$
Rio San Juan.....	$2^{\circ} 5' 41''$	—	$2^{\circ} 5' 5''$
Trinidad.....	$2^{\circ} 17' 55''$	—	$2^{\circ} 24' 49''$

Campêche. J'avois rapporté de la Nouvelle-Espagne, en 1804, les résultats d'une partie des observations que M. de Cevallos avoit faites dans le golfe du Mexique, depuis l'année 1802, en se servant de l'excellente horloge marine, n. 57, de M. Louis Berthoud. Toutes les positions avoient été rapportées au méridien du port de Campêche, que M. Oltmanns supposa dès-lors être de $92^{\circ} 50'$ ou de $92^{\circ} 55'$ à l'ouest de celui de Paris. M. Ferrer qui, anciennement, plaça Campêche par les $92^{\circ} 50' 45''$, adopte aujourd'hui $92^{\circ} 56' 27''$. En se rappelant que, par le transport du temps de la Havane à Campêche, le navigateur espagnol avoit trouvé la différence des méridiens de $8^{\circ} 11' 27''$, et en admettant pour la Morro de la Havane, avec M. Oltmanns, $81^{\circ} 43' 8''$, nous trouvons, pour Campêche, $92^{\circ} 54' 35''$. M. Espinosa s'arrête,

INTRODUCTION.

16

d'après les observations de M. de Cevallos, à $92^{\circ} 46' 59''$ (*Memorias*, Vol. II, p. 59), ce qui fait $7' 36''$ de moins; mais dans le tableau de positions rédigé par M. Espinosa, on trouve, pour la Vera-Cruz, $98^{\circ} 22' 15''$, au lieu de $98^{\circ} 29' 0''$ que nous adoptons. Cette dernière longitude est presque identique avec celle que MM. Ferrer et Cevallos (*Memorias*, Vol. II, p. 100, et *Amer. Trans.*, Vol. VI, p. 361), regardent eux-mêmes aujourd'hui comme la plus probable. Pour répandre plus de jour sur la véritable position du port de Campêche, M. Oltmanns a calculé, d'après les tables corrigées de M. Delambre, six immersions et émergences du premier satellite de Jupiter, observées par M. de Cevallos, en 1803. Ces observations ont donné, pour la longitude de Campêche, $92^{\circ} 53' 45''$, on, pour consigner ici les résultats partiels :

1. ^{re} Satellite. Immersion du 12 janvier...	$6^h 11' 34''$
Immersion du 28 janvier...	$11' 51'' 5$
Immersion du 8 mars.....	$11' 59'' 5$
Immersion du 15 mars.....	$12' 21''$
Émergence du 24 mars.....	$11' 6''$
Moyenne.....	$6^h 11' 35''$

En se servant de deux observations correspondantes, faites à Amsterdam et à Lisbonne, on trouve $6^h 11' 27''$, et $6^h 11' 34''$, ou $92^{\circ} 52' 42''$, M. Oltmanns a de même calculé l'éclipse de soleil du 16 juin 1806, observée par M. de Cevallos, à Tabasco. Il trouve, pour la longitude de cette rade, $95^{\circ} 7' 0''$, au lieu de $94^{\circ} 53' 30''$ qu'adopte M. Espinosa, d'après des déterminations purement chronométriques. Or, Tabasco est à l'ouest de Campêche, d'après M. de Cevallos, $2^{\circ} 12' 47''$, d'où résulte, pour la longitude de Campêche, $92^{\circ} 54' 13''$. Nous trouvons donc :

Par les satellites.....	$92^{\circ} 53' 45''$
Par l'éclipse du soleil.....	$54' 13''$
D'après les observations de M. de Cevallos.....	$92^{\circ} 53' 59''$
D'après M. Ferrer, en supposant notre long. de la Havane	$92^{\circ} 54' 35''$
Moyenne.....	$92^{\circ} 54' 17''$

Les conjectures de M. Oltmanns (Voyez plus bas, Vol. II, p. 555) ont donc été justifiées par les observations astronomiques de M. de Cevallos : mais l'on fera bien d'ajouter $13''$ en temps aux longitudes qu'offre notre tableau de positions, sous les n. 534-546.

Acapulco. M. Espinosa s'arrête à $102^{\circ} 20' 0''$ (*Memorias*, Vol. I, p. 67-74 et p. 156). Nous avons prouvé plus bas (Vol. II, p. 455), que cette longitude est de beaucoup trop occidentale, et que les observations de satellites et d'occultations d'étoiles, faites par les astronomes de l'expédition de Malaspina, soumises à un calcul exact, ne donnent que $102^{\circ} 13' 30''$.

Guayaquil et Callao de Lima. Les navigateurs espagnols placent ces deux ports de la mer du Sud, de $40''$ en temps plus à l'est que mes observations. Comme le résultat déduit du dernier passage de Mercure sur le disque du soleil ne s'accorde pas avec la longitude obtenue anciennement par Peralta et Ulloa (*Zach, Monath. Corresp.*, 1806, december), M. Oltmanns a soumis à de nouveaux calculs les observations qui ont été faites dans l'expédition de Malaspina, et dont l'ouvrage de M. Espinosa offre tous les détails. (*Mem.*, Vol. I, p. 46-49). Ces observations présentent la plus grande harmonie avec les miennes. J'avois trouvé, en 1803, pour le Callao, par le passage de Mercure, $5^h 18' 18''$, et pour Guayaquil, par le chronomètre de Louis Berthoud, n. 27, après seize jours de navigation, $5^h 29' 12'',7$. En 1790, les astronomes de l'expédition de Malaspina observèrent, à Guayaquil, dans la nuit du 14 octobre, à $7^h 54' 46''$, l'immersion de l'étoile ϵ du Sagittaire sous le disque non éclairé de la lune. Cette occultation, calculée d'après les tables de Bürg, non corrigées, a donné, à M. Espinosa, $5^h 28' 41''$; mais elle a donné à M. Oltmanns, d'après ces mêmes tables, corrigées par des observations de MM. Maskelyne et Bouvard, $5^h 29' 12'',74$. La position de l'étoile a été prise dans le catalogue de Piazzi; et comme Guayaquil est presque placé sous l'équateur, les différentes hypothèses d'aplatissement ne peuvent influer que faiblement sur le résultat définitif.

Conjonction à Paris,	$12^h 47' 52'',02$
à Guayaquil,	$7^h 18' 19'',28$
Longitude de Guayaquil,	$5^h 29' 12'',74$.

Ce résultat diffère à peine d'une fraction de seconde de la longitude qu'assignent mes observations au port de Guayaquil. La fin d'une éclipse de lune, observée par les astronomes de l'expédition de Malaspina, le 22 octobre 1790, et comparée, par M. Oltmanns, à six observations correspondantes, faites en Europe, donne $5^h 29' 13'',7$. Nous trouvons donc:

INTRODUCTION.

xlvij

Différence des méridiens du Callao et de Guayaquil, par des observations absolues.....	0 ^h 10' 55"
Par mon chronomètre.....	0 ^h 10' 54"
Différence.....	1".

Cet accord, qui est dû sans doute en partie à des compensations accidentelles, prouve assez l'exactitude de mon observation du passage de Mercure. Aussi, la longitude plus orientale du Callao, à laquelle s'arrête M. Espinosa, ne se fonde que sur une seule immersion du premier satellite de Jupiter, observée au village de la Magdalena, près du Callao. Les chronomètres des corvettes de Malaspina fixent la différence des méridiens du Callao et de Guayaquil à 0^h 10' 37",7. En se bornant même à prendre le milieu entre ce résultat et celui de mon garde-temps, et en supposant Guayaquil, d'après l'observation de l'occultation de *e du Sagittaire* (798 du catalogue de Mayer), par les 5^h 20' 12",74, nous trouvons, par les seules observations faites en 1790, pour le Callao, 5^h 18' 27"; ce qui ne diffère que de 9" en temps de ma longitude, mais de 50" de celle à laquelle s'arrête M. Espinosa. Aussi ce savant admet-il une différence de méridiens entre le Callao et Guayaquil, qui s'éloignent de 23" du résultat des chronomètres de Malaspina. D'après l'ensemble de ces considérations, il ne paroît pas que nous ayons à changer les positions que nous avons adoptées pour les côtes de la mer du Sud: elles se trouvent confirmées, au contraire, par les observations faites à Guayaquil par les officiers embarqués sur les corvettes l'*Atrevida* et la *Descubierta*. M. Olthaus rappelle en outre que la seule éclipse de satellite observée au Callao, en 1790, comparée aux tables de M. Delambre, donne 5^h 18' 23",6; ce qui ne diffère encore que de 4" du résultat du passage de Mercure. Les astronomes espagnols avoient obtenu, en corrigeant ces tables, 5^h 17' 38"; mais il est bien difficile d'admettre que les tables du premier satellite de Jupiter aient été en erreur de 45". Quant aux distances lunaires prises par Malaspina et Galiano, elles diffèrent d'un demi-degré entre elles, et de près d'un degré du résultat définitif de M. Espinosa (*Mem.*, Vol. I, p. 102). Celles que j'ai observées par un ciel brumeux, donnent une longitude plus orientale que le passage de Mercure.

Le soin avec lequel j'ai tâché de comparer mes observations à celles qui ont été faites par d'autres voyageurs, prouve, à ce que je erois, le désir d'obtenir des résultats exacts. Les savans qui connoissent l'état de l'astronomie

pratique, ne seront pas surpris des différences que l'on remarque presque toujours, lorsque plusieurs observateurs emploient, dans le même endroit, des instrumens divers et des méthodes différentes. Ce qui caractérise les progrès de la géographie astronomique, ce sont les limites étroites que l'on assigne aujourd'hui aux erreurs des observations. Ces erreurs, dans la partie du nouveau continent et dans les mers que j'ai visitées, n'excèdent généralement pas $16''$ à $20''$ en longitude, tandis que sur la côte nord-ouest de l'Amérique, les différences entre les observations de Cook, Vancouver, La Peyrouse et Malaspina, s'élèvent jusqu'à $1' 25''$ en temps (Voyez plus bas, Vol. II, p. 603, 609 et 612. *Zach, Monat. Corresp.*, B. 19, S. 565). Je dois faire remarquer ici qu'en parlant des observations de La Peyrouse, nous désignons toujours les résultats renfermés dans la *table de correction* et non les positions que présente l'Atlas. Ces dernières diffèrent quelquefois de $9'$ en latitude, et de trois quarts de degré en longitude, des observations de Dagelet (*Oltmanns, Geogr. Unters.*, Th. II, S. 440-461; et *Krusenstern, Reise um die Welt*; Vol. II, p. 15, 57, 60 et 86).

Pour faire sentir combien l'hydrographie a été perfectionnée dans ces derniers temps, je n'ai qu'à rappeler que les cartes de Bellin plaçoient la Havane de deux degrés plus à l'est de la Vera-Cruz qu'elle ne l'est effectivement, et que la longitude de ce dernier port étoit fautive, il y a quarante ans, de plus de quatre degrés et demi. De nombreux naufrages ont été causés par les fausses longitudes assignées à la Havane et à l'embouchure du canal de Bahama, quoique les cartes de Don Francisco de Seixas y Lobera, conservées au dépôt de la marine de Madrid, prouvent qu'au dix-septième siècle, quelques navigateurs avoient déjà connu, avec précision, le vrai gisement de Cayo Largo, de même que la différence de longitude entre Montevideo et le cap Saint-Antoine. Les anciennes cartes des mers d'Asie présentent des exemples d'erreurs de trois à quatre degrés, tandis que les belles observations de longitudes, faites de nos jours, par MM. Horsburgh, McIntosh et Sheperden, s'accordent jusqu'à 8 ou 10 minutes en arc.

Pour compléter le tableau des positions, placé à la tête de cet ouvrage, je consignerai ici quelques résultats très-importans des observations de MM. Cevallos et Fidalgo, en réduisant les longitudes à des points dont M. Oltmanns a déterminé la position par le calcul de plusieurs occultations d'étoiles.

INTRODUCTION.

xlii

Realexo.....	lat 12° 29' 50" long. 12° 55' 0"	0" à l'or. d'Acapulco.
Castillo de Guasacualco.....	18° 8' 27"	1° 45' 52" à l'or. de Vera-Cruz.
Barra de Tabasco.....	18° 34' 16"	5° 28' 55" id.
Cap Catoche.....	21° 32' 51"	9° 6' 15" id.
Santiago de Cuba.....	19° 57' 29"	6° 22' 5" à l'or. de la Havane.
Port de Baracoa.....	20° 20' 50"	7° 52' 14" id.
Port du Mariel.....	23° 5' 58"	0° 21' 54" à l'occ. de la Havane.
Baxo Nuevo, partie E.....	15° 51' 0"	1° 57' 44" à l'occ. de Kingston.
Serranilla, partie E.....	15° 45' 20"	3° 10' 49" id.
Serrana, partie E.....	14° 24' 0"	5° 24' 32" id.
Roncador, partie N.....	15° 35' 7"	5° 25' 32" id.
Santanilla, partie E.....	17° 20' 0"	7° 18' 55" id.

Quoique, dans le cours de cet ouvrage, les observations faites en Amérique aient été généralement comparées avec celles de Paris ou de Greenwich, les réductions aux méridiens de ces deux villes n'ont souvent pu être directes, et il a fallu employer des observations correspondantes de Lilienthal, de Göttingue, de Copenhague et de Berlin. Pour éviter les erreurs qui pourroient résulter de ces réductions indirectes, M. Oltmanns a examiné de nouveau les longitudes de ces quatre Observatoires. (*Bode Jahrb. für 1809*, S. 222.) Il a trouvé, par ses calculs, pour

LILIENTHAL,

par α de la Vierge, occultation du 5 ^e mars 1801.....	26° 21",0
α du Capricorne, occultation du 5 novembre 1802.....	24",0
le passage de Mercure, du 9 novembre 1802.....	15",3
l'éclipse du soleil du 17 août 1803.....	19",7
l'éclipse du soleil du 16 juin 1806.....	19",9

Moyenne..... 26° 20",0

GÖTTINGUE,

par l'éclipse du soleil du 5 septembre 1793.....	30' 27",0
γ du Taureau, occultation du 11 janvier 1794.....	19",7
γ de la Vierge, occultation du 21 janvier 1794.....	22",9
α de la Balance, occultation du 5 mars 1794.....	27",1
α du Taureau, occultation du 27 octobre 1798.....	27",0
δ du Scorpion, occultation du 25 février 1799.....	31",5
le Passage de Mercure, du 7 mai 1799.....	27",1

Moyenne..... 50' 26",0

Astronomie.

g

INTRODUCTION.

COPENHAGUE,

par l'éclipse du soleil du 15 juin 1787.....	40' 57",0
l'éclipse du soleil du 5 septembre 1793.....	56",7
occult. de Celeno. (Pley.) du 5 avril 1802.....	41' 2",0
le passage de Mercure, du 9 novembre 1803....	40' 58",7
l'éclipse du soleil du 17 août 1805.....	41' 1",0
Moyenne.....	40' 59",0

BERLIN,

par l'occultation de Celeno du 6 avril 1802....	44' 11",4
l'occultation d'Electra du 5 avril 1802.....	9",5
l'occultation de ξ du Lion, du 8 avril 1805....	8",4
l'occultation de π du Lion, du 6 mai 1805.....	11",9
l'occultation de β du Verseau, du 7 septemb. 1805..	10",0
Moyenne.....	44' 10",24

Les calculs que M. Triesnecker vient de publier (*Sammung astron. Beob.*, 1811, Th. III, S. 89), confirment parfaitement les résultats auxquels s'est arrêté M. Oltmanns, en 1807. L'astronome de Vienne trouve, pour Lilienthal, par sept occultations d'étoiles et dix éclipses de lune, 26' 21",2; pour Copenhague, par deux occultations, 40' 59",0, et, pour Berlin, 44' 10",7. M. Oltmanns, ayant calculé dix-huit observations d'occultations et d'éclipses de soleil, avoit fixé antérieurement la longitude de Lilienthal à 26' 18",0; mais les résultats partiels s'accordèrent moins bien que ceux dont la moyenne est 26' 20". M. de Lindenau trouve 26' 19" de longitude (*Mon. Corr.*, 1809, S. 421). La Connaissance des Temps, pour 1810, diffère, pour Gottingue, de 14", et pour Lilienthal de 4" de longitude.

Quoique presque toutes les observations de latitudes, publiées dans ce Recueil, aient été faites à terre, mes journaux renferment cependant aussi un grand nombre de hauteurs méridiennes d'étoiles prises à la voile. Je consignerai ici quelques remarques sur ces hauteurs, dont peu de voyageurs se sont occupés aussi assidûment que moi. Dans plusieurs circonstances, la connoissance de ces hauteurs peut être d'un intérêt majeur pour la sûreté de la navigation. C'est

INTRODUCTION.

ij

dans les mers des Antilles, dans le golfe du Mexique, et surtout dans l'Océan Pacifique, pendant la traversée de Lima à Acapulco, que j'ai profité de l'admirable sérénité des nuits des régions équinoxiales, pour faire des essais sur le degré d'exactitude avec lequel on peut obtenir, à la voile, la latitude au moyen des étoiles.

Un grand nombre d'expériences ont prouvé qu'à la faveur de la clarté de la lune, on peut parvenir à une précision de 4 ou 5 minutes. La lumière que répandent tant de nébuleuses réunies dans les grandes constellations du Navire, du Centaure et du Sagittaire, contribue beaucoup à éclairer l'horizon. Même dans des circonstances désavantageuses, un observateur exercé ne se trompera pas pour la hauteur des astres au delà de 8 à 10 minutes. On ne sauroit assez recommander cette méthode aux marins, surtout dans des parages où il arrive fréquemment que, pendant neuf ou dix jours de suite, les jours sont brumeux, tandis que les nuits offrent la plus grande transparence de l'atmosphère. Lorsque l'action des courans augmente l'incertitude de l'estime, comme sur les côtes du Chili et du Pérou, à l'embouchure du Rio de la Plata et dans le golfe du Mexique, on s'estimeroit heureux de connoître la position du vaisseau à moins d'un demi-degré près. Quelquefois, au milieu d'une tempête qui dure plusieurs jours, le vent se calme pendant la nuit, et les étoiles paroissent dans une clarté qui s'étend jusqu'à l'horizon. On conçoit aisément de quel secours est alors l'observation de la culmination d'une étoile, surtout lorsqu'on est inquiet de savoir si le vaisseau est sorti d'un canal, s'il a déjà coupé le parallèle de quelque cap, ou s'il n'a plus à craindre un bas-fond dangereux.

La méthode la plus sûre d'observer les étoiles m'a paru la suivante : si l'on est muni d'une bonne montre, surtout d'un chronomètre, on calcule préalablement le temps du passage de l'astre. Si l'on ne peut se procurer le temps vrai, on se servira d'un moyen plus imparfait, celui de relever l'astre par la boussole, en ayant égard à la variation. Comme les lunettes des sextans ont très-peu de champ, j'ai trouvé préférable d'observer à la vue simple. On reste très-souvent en doute si l'étoile, mise en contact avec un horizon peu éclairé, monte ou descend ; et l'on se fatiguerait les yeux si l'on vouloit suivre sa marche, comme on le fait dans les observations du soleil. Dans l'incertitude si le moment de la culmination est déjà passé, on est exposé à obtenir un résultat qui dépend de quelque préoccupation d'esprit, par exemple, de la supposition que l'étoile doit baisser, parce que, selon l'indication du chronomètre, ou

selon le relèvement par la boussole, on la croit au delà du méridien. Pour éviter ces sources d'erreurs, j'ai continué de placer dans l'espace des trois ou quatre minutes de temps, que j'ai trouvé à peu près être l'époque de la culmination, quatre à cinq fois l'étoile sur l'horizon, sans me servir de la vis de rappel de l'alidade. Une longue expérience m'a appris que, par un horizon obscur, la première impression que l'œil reçoit est constamment la plus sûre. Lorsque les circonstances sont très-défavorables, il est avantageux de ne pas s'approcher de la lumière pendant l'observation, et de faire lire l'angle par celui qui observe le chronomètre. J'ai trouvé, par exemple, la nuit du 4 mars 1803, les hauteurs suivantes, en abaissant Canopus cinq fois de suite sur l'horizon :

54° 50'. 40"
 55' 10"
 54' 40"
 55' 5"
 52' 45"

Un accord de quelques minutes n'étant qu'accidentel dans des observations de ce genre, je ne regarde pas l'angle le plus grand comme la hauteur méridienne. Il est plus prudent de prendre le terme moyen des hauteurs obtenues dans l'espace de trois minutes, afin que les erreurs se compensent mutuellement. Si, dans la même nuit, on parvient à observer plusieurs étoiles, le résultat moyen, réduit à la même heure par la route *estimée* du vaisseau, peut inspirer un haut degré de confiance. Cette méthode est souvent préférable à celle de Douwes, dont l'emploi est très-peu sûr sous les tropiques; lorsque le soleil n'est pas visible près de son passage par le méridien. Les planètes et les étoiles de la première grandeur, Canopus, Sirius, Capella, α du Centaure, peuvent être d'une grande ressource pour les navigateurs; et l'on doit regretter que cette méthode, connue de tous les pilotes instruits, et recommandée depuis long-temps dans tous les traités de navigation, soit encore si peu usitée.

Voici des observations que j'ai faites dans la mer du Sud, à l'est des îles Galapagos.

INTRODUCTION.

liij

Le 26 février 1803.

Passage de la lune au méridien, à $4^h \frac{1}{4}$, temps vrai, après midi. Coucher de la lune, à $10^h \frac{1}{2}$ du soir (Observations faites à la voile).

ÉTOILES.	PASSAGE en temps vrai.	HAUTEUR corrigée.	DÉCLINAISON apparente.	LATITUDE australe.
Sirius....	7 ^h 59'	72° 14' 5"	16° 27' 22"	0° 41' 26"
Castor....	8 ^h 44'	57° 2' 44"	52° 18' 55"	0° 38' 41"
Pollux....	8 ^h 56'	60° 51' 58"	28° 29' 51"	0° 38' 51"

Le 27 février.

Passage de la lune au méridien, à $5^h \frac{1}{4}$ après midi. Coucher de la lune, à $11^h \frac{1}{2}$ du matin.

ÉTOILES.	PASSAGE en temps vrai.	HAUTEUR corrigée.	DÉCLINAISON apparente.	LATITUDE boréale.
Canopus...	7 ^h 38'	50° 46' 13"	—52° 35' 27"	0° 38' 20"
Sirius....	7 ^h 55'	72° 57' 55"	—16° 27' 22"	0° 34' 44"
Castor....	8 ^h 40'	58° 14' 37"	52° 18' 35"	0° 33' 12"
Pollux....	8 ^h 52'	62° 1' 20"	28° 29' 51"	0° 30' 51"

Le 2 mars.

Passage de la lune au méridien, à 8^h du soir. Coucher de la lune, à 2^h $\frac{1}{4}$ du matin, le 3 mars.

ÉTOILES.	PASSAGE en temps vrai.	HAUTEUR corrigée.	DÉCLINAISON apparente.	LATITUDE boréale.
Canopus...	7 ^h 27'	54° 49' 7"	—52° 35' 27"	2° 35' 26"
Sirius....	7 ^h 44'	70° 57' 10"	—16° 27' 21"	2° 35' 29"

INTRODUCTION.

Le 4 mars 1863.

Passage de la lune au méridien, à $9^h \frac{1}{2}$ du soir. Coucher de la lune, à 16^h du matin.

ÉTOILES.	PASSAGE ou temps vrai.	HAUTEUR corrigée.	DÉCLINAISON apparente.	LATITUDE bordale.
Canopus...	$7^h 27'$	$54^{\circ} 52' 37''$	$52^{\circ} 35' 27''$	$2^{\circ} 31' 56''$
Sirius....	$7^h 36'$	$71^{\circ} 4' 4''$	$16^{\circ} 27' 21''$	$2^{\circ} 28' 55''$
Castor....	$8^h 22'$	$60^{\circ} 12' 38''$	$32^{\circ} 18' 35''$	$2^{\circ} 31' 15''$
Pollux....	$8^h 33'$	$63^{\circ} 56' 43''$	$28^{\circ} 29' 31''$	$2^{\circ} 26' 14''$

Le 11 mars.

Lever de la lune, à 8^h du soir. Passage par le méridien, à $1^h \frac{1}{2}$ du matin.
Coucher de la lune, à $7^h \frac{1}{2}$ du matin.

ÉTOILES.	PASSAGE ou temps vrai.	HAUTEUR corrigée.	DÉCLINAISON apparente.	LATITUDE bordale.
Sirius....	$7^h 11'$	$64^{\circ} 18' 53''$	$16^{\circ} 27' 20''$	$9^{\circ} 15' 46''$
Castor....	$7^h 56'$	$66^{\circ} 50' 55''$	$32^{\circ} 18' 34''$	$9^{\circ} 9' 29''$
Procyon...	$8^h 3'$	$86^{\circ} 31' 10''$	$5^{\circ} 43' 15''$	$9^{\circ} 26' 5''$
Pollux....	$8^h 7'$	$70^{\circ} 40' 10''$	$28^{\circ} 29' 31''$	$9^{\circ} 9' 41''$

On n'a fait aucun choix entre les observations, et les dix-sept hauteurs méridiennes consignées ici sont les seules qui aient été obtenues pendant cinq nuits. Le 25 et le 26 février, nous n'avons pas eu d'observation de soleil. La mer étoit très-grosse, et le clapotis sembloit annoncer un conflit de courans. Je trouvai, dans la nuit du 26 février, par trois étoiles, $0^{\circ} 39'$ de latitude australe. L'estime nous plaçoit encore à $1^{\circ} 40'$ sud. Les pilotes doutoient beaucoup de la précision de mon observation de nuit : elle fut cependant confirmée, le 27 février, par la hauteur méridienne du soleil, d'après laquelle nous avions coupé l'équateur à 10 heures du matin.

INTRODUCTION.

L'observation des étoiles peut être utile, comme l'a très-bien observé M. de Bessel (*Voyage de d'Entrecasteaux*, Vol. II, p. 142), chaque fois que le doute sur la latitude du vaisseau est plus grand que l'incertitude de l'observation. M. Horner a employé cette méthode avec beaucoup de succès dans l'expédition commandée par le chevalier Krusenstern, et M. de Cevallos s'en est récemment servi pour déterminer les limites du baie de Campêche. J'ai remarqué, dit cet excellent observateur, que les résultats des hauteurs méridiennes de Wega, d'Antarès et d'Alair s'accordoient mieux ensemble que les hauteurs méridiennes du soleil. Les nuits étoient très-claires, et nous avions l'avantage de pouvoir choisir des étoiles dont la hauteur n'étoit pas trop grande, tandis que le soleil, passant près du zénith, donnoit des latitudes moins précises. » (*Espinosa, Mem.*, Vol. II, p. 144; *Krusenstern Reise*, Vol. II, p. 163). En 1802, la frégate Santa Rufina, en doublant le cap de Horn, se seroit perdue indubitablement de nuit sur les rochers de Diego Ramirez, vers lesquels elle étoit entraînée par les courans, si Don Mariano Isasvirivil, un des officiers les plus instruits de la marine espagnole, n'avoit pas reconnu, par la hauteur méridienne des étoiles, que la frégate se trouvoit par les 56° 34' de latitude australe, et par conséquent sur le parallèle de l'écueil qui est tant redouté par les navigateurs.

Parmi les avantages qu'offrent les instrumens à réflexion, il en est plusieurs qu'il sera d'autant plus utile de rappeler ici qu'ils ne paroissent pas suffisamment connus des voyageurs. Il est impossible d'observer sur mer, avec précision, le commencement d'une éclipse de soleil et de lune; mais on peut tirer parti de ces phénomènes pour la détermination des longitudes, en mesurant, avec le sextant, de cinq en cinq minutes, la largeur de la partie éclipsée. Cette mesure se fait avec beaucoup d'exactitude dans une éclipse de soleil; et en jetant les yeux sur une observation que j'ai faite à Ibagué, petite ville située au pied du passage des Andes de Quindiu (Vol. II, p. 257), on verra qu'en multipliant les résultats, on peut même, par une éclipse de lune, trouver la longitude à moins d'un cinquième de degré, près (*Discours prélimin.*, p. 120). Plusieurs navigateurs ont observé dans l'hémisphère austral, à des latitudes très-élevées, des comètes visibles à la simple vue, mais qui, par leur position, n'ont pu être aperçues dans la zone tempérée de l'hémisphère boréal, la seule dans laquelle le cours des astres soit régulièrement suivi par des astronomes exercés. La connoissance de ces comètes ne seroit pas perdue pour l'astronomie, si les voyageurs se rappeloient que, sans micromètre

circulaire et sans le secours d'une machine parallactique, ils peuvent déterminer, avec précision, la déclinaison et l'ascension droite des comètes, en mesurant, par un instrument à réflexion, leurs distances aux étoiles dont la position est le mieux connue, et qui offrent les triangles les plus avantageux. J'ai eu occasion de vérifier l'exactitude de cette méthode, en observant, conjointement avec MM. Trallès et Oltmanns, pendant plusieurs mois, à Berlin, la comète de 1807 (*Bode, Jahrbuch für 1811*, S. 217; et *Zach, Monathliche Correspondenz*, 1807, S. 488). A la même époque, MM. Ferrer, Lemaure et Dunbar, ont fait des observations semblables à la Havane et à Natchez, sur les bords du Mississipi (*Amer. Trans.*; Vol. VI, p. 345 et 368). Le calcul des triangles est long et pénible, mais c'est un grand avantage de pouvoir comparer une comète constamment aux mêmes étoiles. Des cercles répéteurs à réflexion, montés sur un pied, et munis de lunettes d'un grossissement assez fort, seroient même utiles dans nos Observatoires d'Europe; car dans la machine parallactique on a souvent de la peine à éclairer les fils sans trop diminuer la lumière déjà si foible des comètes, et ces dernières ne se trouvent souvent environnées que d'étoiles de la cinquième ou sixième grandeur.

M. Oltmanns, dans le Discours préliminaire, placé à la tête de cet ouvrage, a discuté, avec beaucoup de justesse, le degré de précision que l'on peut attendre de la détermination des longitudes par les déclinaisons de la lune (*Voyez* p. 110-115). Cette méthode, presque entièrement négligée, fournit la longitude par la comparaison de deux latitudes, dont l'une a été déterminée par la hauteur méridienne d'une étoile, et l'autre par celle de la lune: elle ne suppose pas la précision absolue des angles, et elle peut devenir intéressante pour des voyageurs qui, dépourvus d'instrumens à réflexion, ne peuvent prendre des distances du soleil à la lune et aux étoiles. Comme la précision des résultats dépend de l'exactitude avec laquelle on parvient à déterminer le temps et la hauteur méridienne de la lune, j'ai fait, à l'Observatoire Impérial de Paris, les essais suivans, avec un sextant de Troughton et un cercle répéteur astronomique de Fortin :

INTRODUCTION.

vij

Le 14 juillet 1810.

Sextant. Nuages transparents. Bord supérieur de la lune. Passage à $10^h 15' 7'',5$.

TEMPS au chronomètre.	HAUTEURS observées.	HAUTEUR du méridien.
$10^h 8' 12''$	$22^{\circ} 0' 43''$	$22^{\circ} 1' 48''$
$9' 36''$	$1' 8'',5$	$49''$
$10' 26'',5$	$1' 1'',5$	$51''$
$15' 58''$	$1' 59''$	$61''$
$18' 46'',5$	$1' 45''$	$47''$
Moyenne,		$22^{\circ} 1' 50'',5$
Collimation,		$- 0' 35'',0$
		$22^{\circ} 1' 15'',5$

douteuse

La plus grande hauteur a donné $22^{\circ} 1' 26''$. M. Mathieu a trouvé au mural $22^{\circ} 1' 37''$.

Le 15 juillet 1810.

Sextant. Hauteurs correspondantes de la lune.

HAUTEURS apparentes.	avant le passage.	après le passage.	temps du passage.
$42^{\circ} 15' 56''$	$10^h 10' 15'',6$	$12^{\circ} 27' 55'',6$	$11^h 18' 55'',6$
$50' 36''$	$13' 55'',3$	$24' 52'',0$	$55'',6$
$45' 50''$	$15' 22'',0$	$22' 24'',7$	$55'',4$
Moyenne,			$11^h 18' 55'',5$
Correction,			$- 1' 17'',6$
Passage,			$11^h 17' 35'',9$

M. Bouvard observa le premier bord à la lunette méridienne, à $8^h 53' 48'',28$.
L'avance de mon garde-temps de Breguet étant de $7^h 37' 25'',20$, et la demi-durée

Astronomie.

h

INTRODUCTION.

du passage $1^{\circ} 13',4$, il en résulte que M. Bouvard a observé le passage du centre de la lune, en temps du chronomètre, à $11^h 17' 36'',5$. Différence, $0'',6$.

La même nuit j'obtins par le sextant, pour la hauteur méridienne apparente de la lune, $22^{\circ} 43' 45'',5$. M. Arago trouva, au mural, $22^{\circ} 43' 37''$. Le 15 juillet, le mouvement de la lune, en ascension droite, étoit de $16''$ par jour; l'observation des hauteurs correspondantes de la lune auroit, par conséquent, donné la longitude à $13'',5$ près. Si, le 14 juillet, la lune avoit passé par le plan de l'équateur, et que la variation de sa déclinaison eût été de $15''$ en une minute de temps, la longitude déduite de l'observation de la hauteur méridienne auroit été exacte à $22''$ près.

Voici maintenant les observations lunaires que nous avons faites, M. Mathieu et moi, avec un cercle répéteur astronomique de 16 pouces de diamètre. Chaque observateur a été successivement à la lunette et au niveau. M. Mathieu a bien voulu calculer ces observations, et nous allons consigner ici la marche et les résultats de son calcul.

Hauteurs correspondantes du bord supérieur de la lune, le 15 juillet 1810.

AVANT LA CULMINATION,		APRÈS LA CULMINATION,		LECTURE d'un vernier.
heures.	niveau.	heures.	niveau.	
16 ^h 59' 29'',0	115 120,5	20 ^h 48' 55'',2	119,5 122,5	597,27675
17 ^h 4' 39'',0	115 121	20 ^h 43' 40'',7	119,5 122,5	597,68900
17 ^h 9' 37'',0	118 118	20 ^h 38' 42'',5	120 120	598,06950
17 ^h 14' 58'',0	118 118	20 ^h 33' 23'',1	121 121	598,46000
17 ^h 21' 59'',0	119,5 117	20 ^h 26' 41'',0	122 119	598,92000
17 ^h 26' 34'',0	118 118	20 ^h 21' 47'',5	119 122	599,24350
17 ^h 32' 27'',5	119 118	20 ^h 15' 52'',5	116 125	599,60550
17 ^h 37' 57'',0	122 116	20 ^h 10' 23'',3	119 122	599,92425
Baromètre 0'',76364		Baromètre 0'',76316		
Therm. barom.. 20'',4		Therm. barom.. 18'',0		
Thermomètre.. 12'',7		Therm. libre... 10'',5		

INTRODUCTION.

lie

« Ces observations ont été faites avec un cercle à niveau fixe de la construction
 « de Fortin. La lunette de cet instrument grossit environ vingt à vingt-quatre
 « fois. Quoiqu'on l'ait toujours ramenée très-exactement sur le même point du
 « limbe dans les observations correspondantes, les hauteurs n'étoient pas tout-à-fait
 « égales, parce que le niveau qui est invariablement fixé au limbe ne restoit
 « pas dans la même position par rapport à l'horizon. Comme une partie de
 « ce niveau répond à 0",32 sexagésimale, il est facile de trouver les changemens
 « de hauteurs provenant de là : en les réunissant avec celui qui est dû à la
 « variation de réfraction, et qui est de 1",31, on trouvera aisément les cor-
 « rections, en temps, qui y répondent, puisque la lune s'élevoit de 4" dans
 « 1" de temps à l'époque des observations.

« La formule dont on s'est servi pour calculer ces hauteurs correspondantes,
 « est la suivante :

$$\begin{aligned} \text{« passage au méridien} &= \frac{1}{2}(H + H') - \frac{\frac{1}{2}(D - D')}{14,535 \sin. \frac{1}{2}(H' - H)} \\ &(\text{tang. } L - \text{tang. } \frac{1}{2}(D + D') \cos. \frac{1}{2}(H' - H)) \end{aligned}$$

« dans laquelle D et D' représentent les déclinaisons pour les instans H et H',
 « et L la latitude du lieu. Les variations absolues D — D' de déclinaison d'une
 « observation à sa correspondante ont été calculées au moyen des déclinaisons de
 « la *Connaissance des Temps*, en tenant compte des secondes différences qui
 « sont constantes. Les temps $\frac{1}{2}(H' - H)$ ont été réduits en degrés à raison
 « de 15° pour une heure, parce que la pendule suit à 1" ou 2" près le temps
 « sydéral. La lune ayant un mouvement propre en ascension droite de 16"
 « dans 24^h vraies, ou dans 24^h 4' de la pendule, elle ne paroît décrire, dans
 « une heure de la pendule, qu'un angle de 14",335. Voilà pourquoi nous
 « avons divisé par ce dernier nombre la correction donnée en degrés par la
 « formule. En comparant, à l'aide d'un chronomètre, notre pendule à celle des
 « cabinets, qui est réglée par les passages des étoiles au méridien, on a trouvé
 « qu'elle retardoit de 2' 55",52 sur le temps sydéral vers la culmination. Les
 « calculs que nous venons d'indiquer, ont donné les résultats suivans :

$\frac{1}{2} (H' + H)$.	D — D'.	EXCÈS DE LA 1. ^{re} HAUTEUR SUR LA SECONDE, par		CORRECTIONS DUES AUX VARIATIONS DE		PASSAGE au méridien.
		le niveau.	la réfraction	déclinaison.	hauteur.	
18 ^h 54' 11",30	+ 415",26	+ 0,30	+ 1,51	— 86,15	— 0,31	18 ^h 52' 41",79
9",85	+ 396",62	+ 0,48	+ 1,51	86,03	— 0,32	43",61
9",75	+ 378",37	0,00	+ 1,51	85,79	— 0,16	45",80
10",55	+ 558",76	0,00	+ 1,51	85,65	— 0,16	44",76
10",00	+ 554",15	+ 0,08	+ 1,51	85,59	— 0,17	44",44
10",75	+ 516",06	— 0,48	+ 1,51	85,20	— 0,10	45",45
10",00	+ 294",27	— 1,60	+ 1,51	84,98	+ 0,03	45",05
10",15	+ 274",26	— 1,44	+ 1,51	84,78	+ 0,02	45",59

Moyenne..... 18^h 52' 41",65

Retard de la pendule sur le temps sidéral..... + 2' 55",52

Demi-diamètre de la lune en temps aydéral..... — 75",40

Passage du premier bord de la lune au méridien.... 18^h 54' 26",77

On a trouvé à la lunette méridienne..... 18^h 54' 27",90

La différence a donc été de..... 1",15

La méthode dont nous venons de parler est préférable sans doute à celle de Pigott; mais elle est moins générale, n'étant applicable que pendant les jours où la déclinaison de la lune change rapidement: elle sera surtout utile à des voyageurs qui, munis de cercles répétiteurs astronomiques, peuvent mettre une grande précision dans la détermination des hauteurs méridiennes de la lune et des étoiles: on gagne, par cette précision, ce que l'on perd par la lenteur du mouvement de la lune en déclinaison. Il n'est pas sans intérêt pour l'astronomie pratique de multiplier les moyens de trouver la longitude et d'examiner le degré de précision que chacun d'eux peut offrir. Chaque méthode est appropriée à l'usage de certains instrumens; et les voyageurs les plus exercés dans l'observation n'obtiendront que des résultats peu précis, s'ils ne savent pas varier les méthodes d'après la nature des instrumens qu'ils sont forcés d'employer. En comparant la déclinaison de plusieurs étoiles à celle de la lune, dans des Observatoires dont la longitude est rigoureusement connue, on trouvera, dans cette comparaison, un moyen curieux d'examiner les erreurs de la déclinaison des étoiles, sans supposer exacte la latitude du lieu de l'observation. Les longitudes obtenues seront tantôt trop orientales,

tantôt trop occidentales; leurs erreurs seront des multiples des erreurs de la déclinaison des étoiles, et la tendance des longitudes vers l'est ou vers l'ouest indiquera à l'observateur si le catalogue d'étoiles qu'il a employé offre des distances polaires trop grandes ou trop petites.

M. Mathieu, dans une note publiée à la fin de mon mémoire sur les réfractions astronomiques, correspondantes à des angles de hauteurs plus petites que dix degrés, a déduit, de deux observations de M. Svanberg, le décroissement du calorique sous le cercle polaire (*Voyez plus bas*, p. 155). Cet astronome distingué a discuté de nouveau cet objet intéressant, et je consignerai ici les éclaircissemens qu'il a bien voulu me communiquer.

« Pour conclure des observations de M. Svanberg le décroissement de la chaleur au pôle, je les avois réduites à l'horizon, au moyen d'une correction assez probable; j'avois formé les deux équations en l' de la Mécanique céleste, et j'avois trouvé deux résultats qui s'accordoient à peu près. Ces équations en l' sont :

$$l'^3 - 0.0022908 l'^2 + 0.000014586 l' - 0.0000000025217 = 0$$

$$l'^3 - 0.002156 l'^2 + 0.000014975 l' - 0.0000000025999 = 0$$

« Lorsqu'on en a déduit la valeur de l' , on trouve celle de f à l'aide de la relation $l' (1 + f) = \frac{1}{a} - \frac{1}{2} a$. On connoît alors tout ce qu'il faut pour calculer le décroissement. Ces équations ont été discutées dans le journal astronomique de Gotha (*Monathliche Correspondenz*, mai 1809), où l'on trouve $l' = 0.00073\frac{1}{2}$ pour la première équation, et $l' = 0.0002582\frac{1}{2}$ pour la seconde, au lieu de 0,00078, et 0,00084 que j'ai employés dans la note qui est à la fin du Mémoire; on y affirme aussi que ces deux valeurs de l' indiquent une contradiction dans les observations de M. Svanberg. Tout cela est très-vrai: les nombres 0,000734 et 0,00025824 sont bien racines des équations ci-dessus, et ils renferment une contradiction; mais par la seule raison que ces nombres sont racines, on ne doit pas s'y arrêter définitivement, puisque les équations qui les fournissent sont fondées sur une correction hypothétique. Il faut se rappeler que la condition essentielle à laquelle doivent satisfaire les indéterminées l' et f , est de représenter la réfraction observée: or, si l'on fait $l' = 0.0002582\frac{1}{2}$, on trouve $f = 3,338$, et la réfraction seroit négative, ce qui est impossible. Cette valeur n'est donc point admissible, et il faut en

« chercher une qui satisfasse à l'observation : c'est ce que j'ai fait, et c'est ce
 « qui m'a conduit à $l' = 0,00084$.

« Quant à l'autre équation, il importe peu de prendre 0,000734 ou 0,00078,
 « pour l' .

« Pour mieux faire comprendre ce qui précède, et montrer comment on peut
 « trouver le décroissement de la chaleur par des réfractions observées à de
 « très-petites hauteurs, sans les réduire à l'horizon, nous allons prendre les
 « choses de plus haut.

« Les réfractions très-près de l'horizon sont données par la formule suivante :

$$\theta = \frac{2x \sin. \theta}{(1-x) \sqrt{2} l'} \left(1 - \frac{1}{2} f - fT \right) \left(\left(1 + T + \frac{T^2}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \sqrt{x} - T - \frac{2T^2}{5} \right) \\ + \frac{xf}{2(1-x) l'} \sin. \theta \cos. \theta,$$

« dans laquelle $T = \frac{\cos. \theta}{\sqrt{2} l'}$; et l' et f sont deux indéterminées qui doivent être
 « déterminées de manière que la valeur de θ approche le plus près possible de
 « la réfraction observée. Comme elles sont d'ailleurs liées entre elles par la
 « relation $l' (1 + f) = \frac{l}{2} - \frac{1}{2} a$, on peut se donner à volonté l'une d'elles,
 « conclure l'autre, et substituer successivement dans l'expression précédente,
 « jusqu'à ce que l'on arrive à représenter le mieux possible l'observation. C'est
 « en suivant cette marche, et en calculant en même temps le décroissement
 « pour chaque valeur de l' et de f , que j'ai obtenu les résultats suivans :

INTRODUCTION.

Lciji

réfraction... 6999°	BAROMÈTRE 0 ^m 73156	réfraction... 5972°	BAROMÈTRE 0 ^m 7434
DISTANCE RÉNT. 100°-0°3007	THERMOM. — 13.2	DISTANCE RÉNT. 100°-1°0166	THERMOM. — 29.0
$l' = 0.0005825$	} <i>réfraction négative.</i>	$l' = 0.0002376$	} <i>réfraction négative.</i>
$f = 3.0338$		$f = 3.0197$	
$l' = 0.00070$		$l' = 0.0006367$	
$f = 0.4681$		$f = 0.50$	
$l' = 0.00084$		$l' = 0.00078$	
$f = 0.2401$		$l' = 0.22144$	
$l' = 0.0008681$		$l' = 0.000805$	
$f = 0.2$		$f = 0.1861$	
$l' = 0.0008828$		$l' = 0.000820$	
$f = 0.180$		$f = 0.1647$	
$l' = 0.0009058$		$l' = 0.00086$	
$f = 0.150$		$f = 0.09614$	
$l' = 0.000917$		$l' = 0.00091132$	
$f = 0.100$		$f = 0.018$	
$l' = 0.0011574$		$l' = 0.00093507$	
$f = -0.100$		$f = 0.000$	
$l' = 0.001200$		$l' = 0.001061$	
$f = 0.1319$		$f = -0.10$	
$l' = 0.0012401$		$l' = 0.0011938$	
$f = -0.160$		$f = -0.20$	
$l' = 0.001302$		$l' = 0.00132$	
$f = -0.200$		$f = -0.2765$	
$l' = 0.001488$		$l' = 0.001592$	
$f = -0.300$		$f = -0.4$	

« La première colonne renferme les valeurs de l' et de f ; la seconde, la
 « différence entre la réfraction observée et la réfraction calculée; enfin, la
 « troisième, le décroissement de la chaleur. La seule inspection des nombres
 « de la seconde colonne montre que l'expression de $\delta \theta$ a un maximum qui ne
 « peut jamais atteindre la réfraction observée, puisque la réfraction calculée
 « est toujours plus petite. On voit aussi que le nombre qui exprime le décrois-
 « sement a un maximum qui répond à peu près aux mêmes valeurs de l' et
 « de f que celui de $\delta \theta$. Le calcul représente mieux la réfraction 5972°,
 « observée par le plus grand froid, que l'autre 6999°, observée à 13°,2 au-dessous
 « de la congélation : car, la plus petite différence avec l'une est 172° décimales,
 « et 361° avec l'autre. Comme une petite variation dans l' et f en produit une
 « assez faible sur la réfraction, et une très-sensible sur le décroissement, nous
 « prendrons pour ce dernier une moyenne entre les résultats qui correspondent

« aux réfractions qui s'écartent le moins de l'observation. Cette moyenne est
 « d'environ 290 mètres pour la première, et 260 pour la seconde; et le terme
 « moyen entre ces deux résultats, aussi probables l'un que l'autre, est 275 mètres.
 « Nous voilà donc conduits, par une méthode de calcul moins directe, mais
 « plus sûre, dans ce cas, que la résolution des équations en P' , à un nombre
 « qui diffère peu de celui que nous avions trouvé dans le mémoire précédent.
 « Nous croyons donc être en droit de conclure que les deux observations de
 « M. Svanberg, qui s'accordent assez bien entre elles, indiquent que le décrois-
 « sement du calorique au pôle est d'un degré du thermomètre centigrade par
 « 275 mètres, ou de 176 toises par degré du thermomètre de Réaumur. »

D'après ces nouvelles recherches de M. Mathieu, le décroissement du calorique paroît se ralentir, dans le froid le plus rigoureux du pôle, à peu près de $\frac{1}{100}$. Le décroissement moyen de toute l'année étant fonction de la température moyenne des différentes zones, les réfractions près de l'horizon doivent devenir plus fortes de l'équateur au pôle, à mesure que la température normale des plaines diminue; mais, en été, cette température normale diffère de très-peu sous l'équateur, à Paris et en Laponie. Il est heureux pour les astronomes que les réfractions presque horizontales soient les seules qui dépendent de la loi du décroissement du calorique ou de la densité de toutes les couches d'air superposées, comme l'a observé le premier M. Oriani dans son excellent mémoire de *refractione astronomica* (*Ephem. Mediol.*, anni 1788, p. 164). M. de Lindenau s'est occupé récemment, avec beaucoup de succès, de cette matière également importante pour l'astronomie et pour la physique (*Monath. Cor.* 1810. S. 101.)

J'ai indiqué, dans l'article *sur la limite des neiges perpétuelles* (Vol. I, p. 134), la hauteur des neiges sous les 65° de latitude boréale, d'après les mesures que MM. Ohlsen et Vetlafsen ont faites en Islande. Ces observations sont précises, mais des circonstances locales font descendre les neiges beaucoup plus en Islande qu'à l'extrémité septentrionale de l'Europe. Un voyageur qui réunit le zèle le plus courageux à des connoissances profondes en physique, en géologie et en histoire naturelle, M. Léopold de Buch, a répandu récemment beaucoup de jour sur cette matière, tant dans la relation de son voyage en Laponie (*Reise durch Norwegen und Lapland*, T. I, S. 280, 470. T. II, S. 133.) que dans un mémoire sur la limite des neiges dans le Nord, lu à la première classe de l'Institut, au mois de mars 1811. Dans des îles, ou sur des caps avancés, la

INTRODUCTION.

Les

température moyenne des mois d'été est très-peu élevée, et c'est de cette température moyenne et non de celle de toute l'année, que dépend la hauteur de la limite inférieure des neiges. Cette hauteur est dans le Nord de l'Europe, d'après les recherches intéressantes de M. de Buch :

au 61 degré de latitude, de.....	1690 mètres
62	1582
67	1169
70	1060

Au soixante-onzième degré de latitude, mais dans une partie de la Norvège où les brouillards épais diminuent considérablement les chaleurs de l'été, les neiges descendent jusqu'à 714 mètres de hauteur au-dessus du niveau de l'Océan. En réunissant mes propres observations à celles de Saussure et de M. de Buch, je trouve, pour les continents, en excluant les îles qui, les environnent :

Neiges perpétuelles sous l'équateur	4800 mètres de hauteur
les 20° de latitude boréale	4600
les 45°	2550
les 65°	1500

Depuis que mon mémoire sur les réfractions a été publié, j'ai eu occasion de réunir plusieurs notions intéressantes sur les connoissances que les anciens avoient des véritables causes de l'inflexion des rayons pendant leurs passages à travers des milieux de différentes densités. En faisant des recherches sur l'analogie frappante qu'offrent les idées astrologiques des Chaldéens avec celles des Hindoux et des Mexicains, j'ai trouvé un passage de Sextus Empiricus qui paroît avoir échappé à ceux qui se sont occupés de l'histoire de l'astronomie. Ce philosophe décrit les opérations de l'astrologue qui, du haut d'une colline, observe la voûte céleste pour dresser l'horoscope d'un enfant nouveau né. Il remarque que la constellation du Zodiaque, que le Chaldéen voit paroître à l'horizon, se trouve effectivement au-dessous, et que cet effet est dû à la réfraction. Voici ce passage remarquable: *Προσθίτοι δὲ τούτοις ὡς διαρχήσαν τῆς Χαλδαίων διαρχον, καὶ τὰν περὶ τῷ ὀρίζοντι τῷ αἵρος διαφορὰν. αἰὶς γὰρ, ὅτι παχυμερὺς αὐτῷ καθιγνώσκει, κατὰ ἀνάγκην τῆς ὀψείας, τὸ ὑπὸ γῆν ἐν καθεύδῃ ἑσθίων, δοκεῖν ἔχει ὑπὲρ γῆς τυγχάνειν. ὁποῖός τι καὶ ἐπὶ τῆς ἐφ' ὕδατος ἀνακαίνουμένης*

Astronomie.

1

ἡλιακῆς ἀκτίνος γίνεσθαι, μὴ βλῆσθαι γὰρ τὸν ἥλιον αὐτὸν πολλὰ καὶ ὡς ἥλιον δοξάζουσι, *Sext. Empir. adversus astrologos*, Lib. V, p. 351 (*Ed. Fabricii*, 4718). « Il faut ajouter à cela l'argument le plus évident contre l'air des Chaldéens, savoir la différence de l'air près de l'horizon : car l'air (y) étant très-dense, le zodiaque qui est encore au-dessous de la terre, paroît déjà au-dessus, à cause de la réfraction du rayon visuel. Il arrive quelque chose de semblable lorsqu'un rayon solaire se réfracte dans l'eau; car souvent ne voyant pas le soleil même, nous croyons l'apercevoir. » La fin de la phrase est moins claire que le commencement. Peut-être l'auteur désigne-t-il le cas où, sur mer, on voit paroître l'image du soleil à l'horizon.

On doit être surpris que Sextus Empiricus ait connu les causes et l'effet de la réfraction (*ἀνακλasis*), tandis qu'aucun passage de l'Almageste ne nous autorise à attribuer ces connoissances à Ptolémée. Il est vrai que Riccioli qui, en 1657, disserte déjà sur la nécessité de l'emploi du thermomètre et de l'hygromètre (*avenæ aristula, siccitatis et humiditatis index*) dans les observations de réfraction, fait dire à Ptolémée que les lèvers et les couchers, les apparitions et les disparitions des étoiles varient suivant les divers changeemens de l'air (*Riccioli Almag.*, Lib. X, p. 642). Mais un astronome célèbre, qui, a fait une étude approfondie des géomètres de l'antiquité, observe qu'aucun passage de l'Almageste n'annonce que son auteur ait su distinguer le lever réel des astres du lever apparent, ou qu'il ait reconnu que les variations de l'atmosphère font changer les réfractions. « Ptolémée, remarque M. Delambre, cherche à déterminer, par observation, dans le dernier chapitre du huitième livre, à quel abaissement doit être le soleil, pour qu'une étoile soit visible à l'horizon : il détermine aussi quelle est pour ce moment la différence de longitude entre le soleil abaissé et le point de l'écliptique qui est à l'horizon. Après avoir donné les règles trigonométriques de ce calcul, il ajoute que les apparences peuvent varier suivant les climats, parce que, dans les pays septentrionaux où l'air est plus épais et moins transparent, la même étoile n'a pas le même éclat que dans les pays plus méridionaux. Theon, dans son Commentaire, appuie cette explication, en disant que la lumière de l'astre paroît plus obscure en raison de l'épaisseur de l'air. Ce passage, faussement interprété par Riccioli et par tous ceux qui ont copié les assertions de ce dernier, ne traite donc que de la constitution de l'air plus ou moins favorable à la vision; il n'a aucun rapport à la réfraction, et l'on

peut même s'étonner que, dans un chapitre où Ptolémée décrit toutes les espèces de levers de l'ancienne astronomie, il ne remarque pas que la réfraction fait paraître l'étoile à l'horizon avant qu'elle n'y soit réellement parvenue. Il attribue tout aussi peu à l'inflexion des rayons le phénomène extraordinaire du soleil observé deux fois le même jour dans l'équateur de l'armille. Dans les dernières lignes du dix-huitième livre, il dit encore que les pronostics qu'on prétend tirer des levers et des couchers pour prédire les constitutions de l'air, sont très-incertains. Quant à la grandeur extraordinaire sous laquelle le soleil et la lune se présentent à l'horizon, Ptolémée, dans le troisième chapitre du premier livre, l'attribue aux vapeurs humides qui environnent la terre et qui s'interposent entre l'astre et l'œil de l'observateur. C'est ainsi, ajoute-t-il, que les objets paroissent plus grands au fond de l'eau que dans l'air. Ces derniers mots rappellent le mémorable passage de Strabon (Lib. III, 95, éd. Casaub. 1587), dans lequel il parle des astres vus à travers des fuyaux (αὐλαί).

Si Ptolémée, dans l'Almageste, paroît ignorer totalement les effets de la réfraction, il est d'autant plus curieux de voir que, dans son Traité d'Optique, il en ait exposé les véritables causes avec la plus admirable clarté. Je ne parle pas de ce Traité d'Optique d'après les citations prises dans Alhazen ou Roger Bacon, mais d'après la lecture du manuscrit précieux que possède la bibliothèque impériale de Paris, sous le n. 7310, et que M. Caussin, membre de l'Institut, se propose de publier. Ce manuscrit qui a cent cinq feuillets, et sur lequel M. Laplace (*Exposition du Système du Monde, seconde édition*, p. 308) a déjà fixé l'attention des astronomes, porte pour titre : *Liber Ptolemei de optica sive aspectibus*. C'est une traduction latine faite sur deux manuscrits arabes, par *Ammiracus Eugenius, Siculus*. Montucla et Bailly n'en paroissent avoir connu l'existence que d'après le catalogue de la bibliothèque Bodleyenne à Oxford (*Mont. Hist. des Mathém.*, T. I, p. 312. *Bailly, Hist. de l'Astron. mod.*, T. I, p. 560). Lalande croyoit même l'optique de Ptolémée entièrement perdue (*Astron.*, §. 2163).

La traduction latine que j'ai examinée ne renferme que les derniers quatre livres; et, quoique le premier n'existât pas non plus dans le manuscrit arabe sur lequel Ammiracus a travaillé, il en rapporte cependant le contenu d'après la première phrase du second livre de Ptolémée. Ce livre traitoit des rapports de la vue avec la lumière, *quomodo visus et lumen communicant*. Dans le second, Ptolémée examine les angles sous lesquels on voit des objets éloignés :

il cherche à prouver que l'on voit mieux des deux yeux que d'un seul, et il enseigne comment le tact rectifie nos jugemens d'optique. Les trois derniers livres traitent : *de reverberatione in speculis planis ad æquales angulos; de iis quæ apparent in speculis concavis, et per duo aut plura specula; de flexione et fractionibus visibilibus radiorum*, c'est-à-dire du passage des rayons à travers des milieux de densités différentes, comme de l'éther dans l'air, de l'air dans l'eau, et de l'eau dans le verre. Ptolémée trouva, d'après les calculs de M. Delambre, les réfractions de l'air dans l'eau $= 4 : 3,02892$, et celles de l'air dans le verre $= 3 : 2,06532$. On n'a plus besoin de chercher dans un passage obscur de Martianus Capella (Lib. VIII, ed. Henrico Petr., p. 194) les premières traces de la connoissance des phénomènes de réfraction; Ptolémée, dans le cinquième livre de l'Optique, les décrit avec la plus grande précision : *Rursus possibile est, quod in loco contiguationis æris ad ætherem fit flexio visibilis radii propter diversitatem istorum corporum duorum ex iis quæ apparent, et sunt hæc. Invenimus res quæ oriuntur et occidunt magis declinantes ad septentrionem, cum fuerint prope horizontem, et metitæ fuerint per instrumentum quo mensurantur sidera: et cum fuerint orientes vel occidentes, circuli utique æquidistantes æquinotiali quæ describuntur super illas, propinquiores sunt ad septentrionem, quam circuli quæ describuntur super illas cum fuerint in medio cæli: et quanto magis appropinquant horizonti, majorem habent declinationem ad septentrionem. Siderum vero semper apparentium distantia a septentrionali polo erit minor, cum fuerint in meridionali linea versus horizontem. Cum enim fuerint in loco, qui propinquior est puncto, qui est super caput nostrum, fit in ipso loco circulus æquidistans æquinotiali major. In priori autem loco fit minor: quod accidit propter flexionem visibilis radii, qui fit a superficie quæ determinat inter ærem et ætherem, quæ debet esse spherica, et centrum ejus debet esse centrum commune universalis elementis, quod est centrum terre.* (MS., Lib. V, fol. 73 recto).

Ptolémée savoit donc, quoique M. Gehler ait avancé le contraire (*Phys. Porterbuch*, B. IV, S. 245), que la déclinaison des astres diminueoit à mesure qu'ils s'élevoient au-dessus de l'horizon. Des pinnales placées sur ses armilles lui avoient fait voir que, dans les étoiles circompolaires, la distance polaire est moindre à leur passage inférieur qu'à leur passage supérieur. Il n'indique pas la quantité de la réfraction, mais il discute la manière de la déterminer. *Et possibile quoque esset nobis inspicere de quantitativibus*

istarum fractionum, et considerare illud in aliqua de rebus quarum distantia data est, utpote solis et lune. Il énonce clairement que les effets de la réfraction vont en décroissant depuis l'horizon jusqu'au zénith, où ils sont nuls, résultat qui étoit inconnu à Tycho' et à Hevelius même. Ptolémée attribue l'inflexion du rayon lumineux au contact des couches d'éther et d'air atmosphérique, dont les premières reposent sur les dernières. *Visibilis radius in transitu a subtiliori corpore ad grossius declinat ad perpendicularem; in transitu autem ejus a grossiori ad subtilius declinat ad diversam perpendicularem partem.* Il paroît singulier que Ptolémée n'ait pas fait l'application de la théorie des réfractions au lever et au coucher des astres. Il devoit être conduit naturellement à l'idée que le lever apparent précède le lever réel; mais cette idée, si bien énoncée par Sextus Empiricus dans son livre contre les astrologues, se trouve aussi bien dans l'Optique de Ptolémée que dans son Almageste, qui a été traduit en arabe au commencement du neuvième siècle de notre ère, l'an 212 de l'hégire. Il est probable qu'Alhazen a tiré ses connoissances d'optique ou du traité de Ptolémée, ou d'auteurs qui avoient profité de ce traité. S'il les a puisées dans l'original même, on doit supposer que le texte grec de l'Optique existoit encore au douzième siècle. S'il faut perdre l'espoir de retrouver ce texte, il seroit du moins à désirer que nous possédassions le manuscrit arabe sur lequel la traduction latine a été faite. Cette dernière est très-littérale; elle manque souvent de clarté, et paroît l'ouvrage d'un homme qui connoissoit plus la valeur des mots que celle des choses.

Pourquoi Ptolémée de l'Almageste paroît-il ignorer tant de résultats curieux, que Ptolémée de l'Optique savoit aussi bien que nous? L'Optique auroit-elle été composée après l'Almageste? Comment admettre qu'un géomètre arabe ait altéré le texte en faisant des additions sur la théorie de la réfraction? L'auteur de si brillantes découvertes n'auroit pas résisté au désir de voir passer son nom à la postérité. Aussi reconnoît-on partout, dans la traduction latine, la tournure des phrases grecques de l'original. Personne n'a révoqué en doute que l'auteur du *Planisphère* ne soit identique avec le Ptolémée de la *Géographie*; et cependant, comme l'a très-bien observé M. Delambre, le traité sur le *Planisphère* offre d'excellentes méthodes de projection, tandis que celles qui sont exposées dans la *Géographie* sont très-mauvaises. Nous regarderons donc l'ouvrage de *opticis sive aspectibus*, dont la bibliothèque impériale de Paris possède deux copies, comme un des plus beaux titres de gloire de l'auteur de l'Almageste. Le

passage que j'ai cité plus haut, et dans lequel Ptolémée parle de l'influence de la réfraction, sur la déclinaison apparente des étoiles, a de grands rapports avec un passage d'Alhazen. Lib. VII, cap. 15 (éd. 1572, p. 251).

Pour compléter ce que nous venons d'exposer sur les idées que les anciens se formoient de la réfraction, je citerai encore un passage très-curieux de Cléomède, d'après la traduction littérale de M. Delambre, Le géomètre grec, en parlant de la possibilité de voir à l'horizon le soleil d'un côté, et, de l'autre, la lune éclipsée, s'exprime ainsi : « L'air étant sujet à des variations de toute espèce, il ne seroit pas impossible que le soleil étant déjà sous l'horizon, l'apparence ne se présentât à nous, comme s'il n'étoit pas encore couché (πελλὴν δὲ καὶ πασιδεαπὼν περὶ τοῦ αἵρα παθὼν συνίστασθαι πεφυκίον, οὐκ ὡς εἰν ἀδύνατον, ἢ δὴ καταδευκὸς τῷ ἡλίῳ καὶ ὑπὸ τῶν ὀριζήτων ὄντος, φαντάσιαν ἔχον προπιστάν, ὡς μέγιστα καταδευκίοντος αὐτῷ). » Un nuage épais, placé vers le couchant et bien éclairé par les rayons solaires, peut nous envoyer l'image du soleil ou former un anthélie. On voit en effet, ou l'on croit voir beaucoup de choses de cette espèce dans l'air, principalement près du Pont-Euxin. Il seroit possible aussi que le rayon parti de l'œil (ἀπὸ τῶν ὀμμάτων ἀποχρημένη ἀκτίς) venant à rencontrer un air humide, s'y rompit (κατακλῆσθαι) et allât rencontrer le soleil déjà caché sous l'horizon. Nous observons un effet tout semblable : car, lorsqu'on place au fond d'un vase un anneau d'or, si le vase est vide, d'une certaine distance l'anneau n'est pas visible, parce qu'aucun obstacle ne s'oppose à ce que le souffle qui produit la vision (τὸ ὀρατικὸν πνεῦμα) ne puisse raser les bords du vase en allant en ligne droite. Mais si on remplit le vase d'eau jusqu'aux bords, alors l'anneau se voit de la même distance au fond du vase ; le souffle visuel ne rasant plus les bords du vase, mais touchant l'eau qui remplit le vase jusqu'aux bords, il s'y rompt ; va au fond du vase et y rencontre l'anneau. Il se pourroit qu'il arrivât quelque chose de semblable dans l'air humide, en sorte que le rayon parti de l'œil venant à se rompre, s'inclinerait sous l'horizon et rencontrerait le soleil déjà couché, de manière à produire une apparence qui nous seroit eroire qu'il est encore sur l'horizon. » Ce passage de Cléomède (*Meteora*, éd. Balfour, 1605, Lib. II, c. 6. *περὶ τῆς σελήνης ἐκλείψεως*, et *Baillif, Hist. de l'Astr. mod.*, T. I, p. 124) répand du jour sur celui de Sextus Empiricus, que nous avons cité plusieurs fois ; mais le premier ne parle que d'un phénomène particulier de l'effet des réfractions extraordinaires, tandis

que le second énonce généralement que les astres ne sont réellement pas levés lorsque nous les voyons paraître à l'horizon, et que ce phénomène constant est dû à la densité des couches d'air atmosphérique. Dans les deux passages, l'organe de la vue est considéré comme une sorte de tentacule qui va au loin saisir les objets et qui se plie selon les milieux à travers lesquels il passe. Cette manière de considérer les phénomènes d'optique est commune à la plupart des physiciens de l'antiquité, et a prévalu jusqu'à l'époque où Albazen, profitant peut-être des travaux de Ptolémée, a composé son *Traité d'Optique* (*Priestley on Vision*, p. 15).

Pendant mon premier séjour à Cumana, en 1799, un an avant que M. Wollaston publiât son excellent mémoire sur le *mirage*, j'ai fait un grand nombre d'observations sur les phénomènes de la réfraction extraordinaire. J'ai tâché de mesurer avec précision les dépressions des objets et celles de l'horizon avec un quart de cercle de Bird, bien rectifié; j'ai noté avec soin la température et toutes les circonstances météorologiques. Une partie de mes observations a été discutée par M. Biot, dans ses *Recherches sur les réfractions extraordinaires*, p. 213-219. J'en consignerai d'autres dans la Relation historique de mon voyage aux régions équinoxiales, ouvrage dans lequel j'exposerai aussi mes observations sur la régularité des variations horaires du baromètre, depuis le niveau de l'Océan jusqu'à 2104 toises de hauteur; mes essais pour déterminer l'intensité relative de la lumière des étoiles australes invisibles en Europe, et la méthode que j'ai employée pour mesurer, pendant une tempête, la hauteur des vagues par l'influence de la dépression de l'horizon sur les hauteurs apparentes du soleil. Voici les résultats principaux de mes expériences sur l'intensité de la lumière des grandes étoiles de l'hémisphère austral:

Sirius	100	α Grue	81
Canopus	98	γ Grand Chien	81
α Centaure	96	α Psaume	78
Achernar	94	β Grue	75
β Centaure	93	α Toucan	70
Fomalhaut	92	α Colombe	68
Beteigeuze	86	γ Grue	58
γ Grand Chien	85	α Indien	50

J'ai comparé les étoiles une à une d'après la méthode de Herschel, en posant Sirius = 100, et en rangeant les étoiles de la première grandeur entre 100 et 80; celles de la deuxième grandeur, entre 80 et 60, etc. Pour juger de l'intensité relative de la lumière de deux astres, j'ai employé des verres plans de différentes épaisseurs, blancs ou colorés, placés devant l'oculaire de la lunette, des diaphragmes diminuant l'ouverture de l'objectif, et surtout un instrument à réflexion propre à ramener deux étoiles, dans le champ de la lunette, et à égaliser leur lumière en recevant à volonté plus ou moins de rayons réfléchis par le grand miroir. Tous ces moyens, j'en conviens, sont extrêmement imparfaits, surtout à cause de l'extinction inégale de la lumière sous différents angles d'incidence: ils pourraient cependant contribuer à décider la question importante si, par la suite des siècles, deux astres, dont l'éclat est peu différent, ont subi des variations sensibles. Les recherches photométriques ne reposeront sur des bases solides que lorsque la physique nous aura enseigné une méthode précise de mesurer la quantité de lumière que nous renvoient les planètes et les étoiles.

Dans le dixième livre de ce Recueil, nous avons omis de donner le détail de la mesure géodésique de Chimborazo, que j'ai faite au mois de juin 1803 dans la plaine de Tapia, près de la nouvelle ville de Riobamba, entre l'église de *La Merced* et le couvent de Saint-Augustin. Voici le calcul de la hauteur, fait par M. Oltmanns:

Base A B (Pl. I, fig. 6), ... 1702,749.

On a mesuré A B deux fois; mais dans la seconde opération, on n'a remesuré qu'un tiers de la base. Les deux résultats s'accordoient à moins d'un mètre.

Le sol en B étoit plus élevé que le sol en A de 6',3 = 2",1. J'avois trouvé

$$\text{l'angle } A B a = 98^{\circ} 34' 50''$$

$$a A B = 78^{\circ} 16' 20''$$

$$\text{par conséquent, } A a B = 3^{\circ} 8' 50''$$

La résolution du triangle donne $A a = 30662,73$. C'est la distance de la cime de Chimborazo à la station A (*Voyez la figure de la montagne dans mes Vues des Cordillères*, Pl. XXV).

Angle d'élévation mesuré en A = $6^{\circ} 41' 26''$. M. Oltmanns trouve, par approximation, la distance horizontale $b s$ (Pl. I, fig. 7) = $30437,40$, ou, en arc, $16', 27'', 65$.

INTRODUCTION.

XXXI

Angle apparent.....	6° 41' 26",00
Demi-angle au centre de la terre, +	8' 13",82 = $\frac{1}{2}$ (des)
Réfraction pour 17 ^e et 1483 toises, —	0' 41",64 = arc x — 0,04217 d'après M de Lindennau.

Vrai angle d'élévation... 6° 48' 58",20
par conséquent,

$$\begin{aligned} a' s b &= 6^{\circ} 48' 58",2 \\ a' b s &= 90^{\circ} 8' 13",8 \\ b a' s &= 83^{\circ} 2' 48",0 \end{aligned}$$

et, hauteur de la cime du Chimborazo sur le point s, en ajoutant 16 centimètres, dont l'horizon artificiel étoit élevé au-dessus de la station A

$$5659",35 = 186^{\circ},25$$

Or, la hauteur absolue de Riobamba Nuevo résulte de ma mesure barométrique de 2891",2, on 1482',8 (Vol. I, p. 310); nous trouvons donc la cime du Chimborazo, au-dessus du niveau de l'Océan, de

$$6530",5 = 356^{\circ},0$$

La Condamine et Don Jorge Juan avoient mesuré cette même montagne en prenant des angles de hauteur, dont aucun n'excédoit 4° 19', à plusieurs stations de leurs grands triangles; La Condamine avoit déduit de ces angles 3217 t.; Don Jorge Juan, 3380 t. (Voyez mon *Essai sur la Géographie des Plantes*, p. 50.) Je reviendrai, dans un autre endroit, sur les causes de ces différences extraordinaires, en examinant les erreurs qui affectent les angles de dépression des stations, et en discutant la hauteur absolue de la ville de Quito, qui, dans les calculs des académiciens françois, a été conclue de quelques angles de hauteur d'Ilinissa, pris à de grandes distances.

Effet de la réfraction terrestre :

Angle d'élévation + le demi-angle au centre,	6° 49' 39",8
90 + demi-angle au centre de la terre.....	90° 8' 13",8
Angle b a' s.....	83° 2' 48",0

M. Olmanns trouve, pour l'analogie, sin. (90° 8' 13",8) : 30662",73
= sin. (6° 49' 39",8) : x.

Haut. du Chimborazo, sans avoir égard à la réfraction, 5645",52

en ayant égard à la réfraction... 5659",19

Différence... 6",13^b

Astronomie.

k

D'après la formule que M. Laplace a donnée dans la Mécanique céleste, l'effet de la réfraction seroit de $7''{,}57$. Pour faire juger du degré de certitude qu'offre la mesure du Chimborazo, M. Olmanns a construit le tableau suivant :

ÉLÉMENTS VARIABLES.	ERRURES SUPPOSÉES.	EFFETS DES ERRURES sur la hauteur absolue de la montagne.
Angle σ BA ou α AB....	$10''$ sexag.	$3''{,}2$
Base AB.....	10 mètres.	$21''{,}4$
Angle d'élévation.....	$10''$	$1''{,}5$
Coefficient de réfraction..	$0''{,}1$	$-14''$

Je n'ai pu, jusqu'à ce jour, découvrir aucune cause d'erreur dans ma mesure du Chimborazo. Pour expliquer une différence de 100 toises de hauteur, il faudroit supposer ou que les angles des stations avec la cime α BA et α AB fussent faux de $10''{,}9$, ou qu'on se fût trompé dans la mesure de la base de 91 mètres, ou que l'angle de hauteur pris en A fût trop grand de $21'58''$, ou enfin que la réfraction, au lieu d'être $-0{,}042$ de l'arc compris entre la station A et la cime, fût de $-1{,}39$. J'ai publié, avec la plus grande franchise, le détail de mes observations géodésiques; je suis sûr d'avoir employé beaucoup de soin pour vérifier les angles; mais je désire ardemment que, dans un pays où les lumières font des progrès si rapides, des hommes instruits répètent mes opérations sur le plateau de Tapia, pour qu'il ne reste aucun doute sur la véritable hauteur de la cime la plus élevée des Cordillères.

Je n'ai point publié dans ce Recueil les observations nombreuses que j'ai faites pendant le cours de mon voyage, sur l'inclinaison et la déclinaison de l'aiguille aimantée et sur l'intensité des forces magnétiques. Ces observations feront l'objet d'un ouvrage particulier auquel je joindrai le travail que j'ai entrepris à Berlin, conjointement avec M. Olmanns, sur les petites variations horaires de la déclinaison. Nous nous sommes servis, depuis le mois de mai 1806 jusqu'au mois de juin 1807, de l'appareil ingénieux décrit par M. de Prony, qui consiste dans une lunette suspendue d'après la méthode de Coulomb, et attachée à un barreau aimanté. Pour connoître avec précision l'époque du maximum des elongations, nous avons observé aux solstices et aux équinoxes,

pendant 120, quelquefois même pendant 168 heures, jour et nuit, de 10 en 10, ou de 15 en 15 minutes. L'éloignement du signal vers lequel nous avons pointé, nous a permis de prendre les angles avec l'exactitude de 3 à 4 secondes sexagésimales. J'avois déterminé, en 1802, par des expériences faites dans la vallée de Lulumbamba et sur le dos des Cordillères entre Mienipampa et Caxamarca, la loi remarquable d'après laquelle, de l'équateur au pôle, l'intensité des forces magnétiques va en progression croissante. La même aiguille qui, à Paris, avoit oscillé $2\frac{1}{5}$ fois en dix minutes de temps, n'a plus oscillé que 211 fois sous l'équateur magnétique. Cette loi s'est trouvée confirmée par les expériences que nous avons faites, M. Gay-Lussac et moi, en 1805 et 1806, en Italie, en France et en Allemagne. En supposant l'intensité sous l'équateur magnétique égale à 10000, elle est à Naples, 12745; à Milan, 13364; à Lyon, 13334; à Paris, 13482, et à Berlin, 13703 (*Journal de Physique*, T. LIX, p. 287. *Mémoires de la Société d'Arcueil*, T. I, p. 21).

J'invite les savans, qui s'intéressent à l'histoire de l'astronomie, à jeter les yeux sur un mémoire très-étendu que je viens de publier sur le calendrier mexicain, et ses rapports frappans avec les divisions du temps des peuples tartares et tibétains. Ce mémoire est consigné dans mes *Vues des Cordillères et Monumens des Peuples indigènes de l'Amérique*, p. 125-194. On trouvera dans le même ouvrage quelques idées sur l'origine des zodiaques et sur les fables cosmogoniques des Aztèques, comparées à celles des Hindoux et des Étrusques. Ces essais historiques présenteront peut-être quelque intérêt à une époque où les belles recherches de M. Ideler ont fixé l'attention des savans sur la chronologie ancienne. Nous nous flattons que bientôt un voyageur, profondément instruit dans les sciences mathématiques, M. Fourier, répandra un nouveau jour sur l'astronomie des Égyptiens, source féconde à laquelle tant de peuples ont puisé leurs connoissances, leurs fictions et leurs rêveries astrologiques.

Les cartes géographiques qu'il me reste à publier, paroîtront dans l'Atlas qui accompagnera la Relation historique de mon voyage aux régions équinoxiales. J'ai vu avec peine que M. Arrowsmith s'est récemment approprié ma grande carte de la Nouvelle-Espagne, en la faisant paroître sous son nom, et comme compilée par lui d'après des matériaux originaux. La carte des *Provincias internas* qui a paru dans le Voyage de M. Pike aux parties occidentales de la Louisiane et à Santa-Fé du Nouveau Mexique, est également calquée sur la mienne, quoique, dans l'ouvrage même, qui renferme des renseignemens

extrêmement précieux sur la rivière Platte et les montagnes au nord de Taos, on n'ait indiqué nulle part la source dans laquelle M. Pike a puisé. Ces deux copies fourmillent d'ailleurs de fautes typographiques qui rendent les noms de lieux tout-à-fait méconnoissables.

Je ne saurois terminer cette Introduction sans parler de ma reconnaissance envers un ami qui, par le dévouement le plus généreux pour les sciences, a sacrifié plusieurs années de sa vie à la rédaction de mes observations astronomiques. Son travail paroissant avec le mien, il ne m'appartient point de lui donner ici des éloges; mais il me sera permis de citer le témoignage d'estime qui lui a été accordé par un savant illustre dans l'analyse des travaux mathématiques de la première classe de l'Institut de France, pendant l'année 1809. « M. Oltmanns (aujourd'hui membre de l'Académie Royale de Prusse et professeur d'astronomie à l'Université de Berlin) a prouvé qu'à des connoissances astronomiques distinguées et à la patience nécessaire pour suivre les calculs les plus longs et les plus monotones, il réunit cette sagacité qui découvre des méthodes nouvelles ou qui apporte des modifications aux méthodes connues. Non content d'avoir heureusement achevé un travail pénible sur les observations d'un voyageur, il y a puisé des forces nouvelles pour en entreprendre un plus vaste: celui de discuter, de comparer, de calculer de nouveau, sur les tables les plus modernes, toutes les observations astronomiques propres à déterminer les longitudes et les latitudes terrestres qu'il a pu recueillir dans les Voyages, dans les Ephémérides et dans les Recueils académiques. De ces discussions est résulté l'ouvrage précieux qu'il a composé en allemand, et qui porte pour titre: *Recherches sur la Géographie du Nouveau Continent*. » Un tel éloge suffit pour prouver combien je dois être satisfait d'avoir eu M. Oltmanns pour collaborateur de mes travaux.

A Paris, le 14 septembre 1811.

ALEXANDRE DE HUMBOLDT.

DISCOURS PRÉLIMINAIRE,

PAR J. OLTMANN'S.

*Des Moyens employés pour déterminer la position des lieux,
et du calcul des Observations astronomiques.*

LA position des différens lieux de la terre dépend à la fois de la distance angulaire à l'équateur, de la distance angulaire au premier méridien, et de la distance rectiligne au niveau de la mer. En ajoutant cette dernière au demi-diamètre de la terre, on obtient un élément dont la connoissance, comme nous le verrons plus bas, influe sur la précision des calculs parallaxiques.

Le *Journal astronomique de M. de Humboldt*, dont la rédaction m'a été confiée, renferme les observations nombreuses que ce voyageur a faites pendant cinq ans dans la région équinoxiale du nouveau continent, pour déterminer les trois coordonnées de latitude, de longitude et de hauteur. Des méthodes très-différentes ayant été employées pour vérifier l'exactitude des résultats, je me propose de développer ici la marche que j'ai suivie dans cet ouvrage. Je discuterai les élémens que j'ai employés dans mes calculs; j'indiquerai les motifs qui m'ont engagé à m'écarter quelquefois de la route frayée par des astronomes célèbres, et j'examinerai avec franchise le degré de précision que l'on peut se flatter d'atteindre en se servant des divers moyens qui ont été proposés pour fixer la position géographique des lieux. En parlant successivement des observations de latitude, de celles de longitude, et des mesures faites à l'aide du baromètre, je trouverai occasion de réunir, sous un même point de vue, des remarques dont quelques-unes mériteront peut-être de fixer l'attention des astronomes.

I. DÉTERMINATION DE LA LATITUDE.

La grande hauteur qu'atteint le soleil sous les tropiques, à son passage par le méridien, a forcé M. de Humboldt, comme tous les voyageurs qui font usage

Astronomie.

d'instruments de réflexion, de se servir le plus souvent de l'observation des étoiles, pour fixer les latitudes. Cette circonstance a rendu important le choix des déclinaisons employées pour trouver la hauteur de l'équateur.

1. Catalogue d'Étoiles.

Tous les calculs que renferme cet ouvrage sont fondés sur les ascensions droites des 36 étoiles observées par M. Maskelyne, et sur les déclinaisons des étoiles observées par M. Piazzi. J'ai été obligé de recourir au catalogue de La Caille, seulement pour un petit nombre d'étoiles de l'hémisphère austral, qui ne sont pas visibles dans nos climats. Les ascensions droites des étoiles observées à Palerme et à Greenwich, s'accordent entre elles; mais les déclinaisons présentent des différences plus grandes que celles auxquelles on auroit dû s'attendre en considérant l'habileté des observateurs et la perfection des instruments employés.

On a imaginé plusieurs hypothèses pour faire évanouir ces différences. L'hypothèse proposée par M. Bürg¹, consiste à corriger les hauteurs méridiennes observées à Greenwich, par une réfraction propre à cet observatoire. M. Bürg² a cru que, pour une distance zénithale de $51^{\circ} 28'$, on devoit supposer une réfraction de $1' 13''{,}7$, et pour une distance zénithale de $38^{\circ} 32'$, une réfraction de $46''{,}7$. D'après la théorie de M. Laplace, ces réfractions seroient de $1' 12''{,}17$, et $45''{,}93$, le thermomètre étant à 10° du thermomètre centigrade, et le baromètre à 0° , 7516. Il faut se rappeler que Bradley, d'après les calculs de M. Maskelyne³, a trouvé, pour ces mêmes distances zénithales, $1' 11''{,}0$ et $0' 45''{,}2$; M. Maskelyne n'a obtenu que $1' 9''{,}29$, et $0' 44''{,}3$, au moyen d'observations faites avec le mural de 8 pieds, dont on se sert encore aujourd'hui. Bradley, après avoir réuni 310 observations au même mural, fixa la distance zénithale apparente du pôle à $38^{\circ} 30' 36''$; M. Maskelyne obtint, par 246 observations, la distance zénithale de l'équateur, $51^{\circ} 27' 29''{,}8$; Bradley, par 20 observations, la trouva de $51^{\circ} 27' 29''{,}0$. La somme de ces deux distances est de $89^{\circ} 58' 5''{,}8$, laquelle, soustraite de 90° , donne la somme de la réfraction pour les distances du pôle et de l'équateur au zénith, c'est-à-dire $1' 54''{,}2$.

¹ Zsch, monatliche Correspondenz, 1805, Mars, p. 197 et suiv.

² Ephemerides astronomicon-anni 1798.

³ Philosophical Transactions, for the year 1787, p. 156 et 158.

Les observations calculées par M. Bürg, lui donnèrent six secondes de plus, ou $2' 0''.4$. On pourroit croire que cette dernière détermination est la plus exacte, parce que les astronomes de Greenwich, en observant la hauteur du pôle et de l'équateur, ont été obligés de retourner le mural du nord au sud, opération qui peut altérer la figure de l'instrument.

J'avoue que la supposition d'une réfraction particulière au climat de Greenwich me paroît contraire à tout ce que nous savons sur la constitution chimique de l'atmosphère. Comment admettre que les mêmes tables de réfraction ne peuvent pas servir pour des lieux si voisins l'un de l'autre, tels que Paris et Greenwich, quand nous nous rappelons que les observations que Mayer fit à Gottingue, pour déterminer la valeur des réfractions à différentes hauteurs, s'accordent parfaitement avec les résultats trouvés par Bradley? M. de Zach¹ a déduit la latitude de l'observatoire de Seeberg, de la hauteur du soleil et de celle de l'étoile polaire, en employant la table de réfraction de Bradley : dans le calcul de ces nombreuses observations, rien n'a fait soupçonner à cet astronome célèbre que la table de Bradley exigeoit une correction particulière lorsque l'astre est élevé au-dessus de 45° . En effet, quelle pourroit être la cause qui feroit varier le décroissement du calorique ou la composition chimique de l'atmosphère à Greenwich, à Gottingue et au Seeberg, au point de faire varier les réfractions de $1''.5$ à $3''$, en supposant la même température et la même pression barométrique? Je suis loin de nier la possibilité du fait ; mais d'après nos connoissances physiques actuelles, il me paroît peu probable que pour chaque climat il faille des tables de réfraction et des formules barométriques particulières.

Lorsque j'avois terminé la plupart de mes calculs en me servant de la table des déclinaisons de Piazzi, MM. Arago, Humboldt et Malheux ont observé, au moyen d'un cercle répétiteur de dix-huit pouces de diamètre, un grand nombre d'étoiles boréales et australes dont la déclinaison étoit douteuse. Ce travail, fait à l'Observatoire impérial, pendant les années 1809 et 1810, paroît justifier la préférence que j'ai donnée aux déclinaisons publiées par M. Piazzi. Les séries calculées jusqu'ici, offrent des résultats qui s'accordent bien mieux avec ceux de l'astronome de Palerme qu'avec la table de déclinaison de M. Maskelyne.

J'ai augmenté toutes les ascensions droites de $3''.8$ en arc, au moyen de la correction indiquée par M. Maskelyne². Cependant cette correction, que plusieurs

¹ *Monatliche Correspondenz*, 1804, Avril, p. 292; et *Julius*, p. 16.

² *Zach*, *monatliche Correspondenz*, 1802, *Julius*, p. 61.

astronomes ne veulent point adopter, pouvoit m'être assez indifférente, parce qu'en calculant des distances de la lune aux étoiles, on ne change presque rien la position respective des astres, lorsqu'on applique la nouvelle correction à la fois à l'ascension droite de la lune et à celle des étoiles. Quant à la déclinaison, je l'ai déduite d'une manière très-simple, des distances zénithales des étoiles observées à Greenwich, et comparées aux hauteurs méridiennes du soleil.

Voici la méthode que j'ai suivie dans ce travail. Après m'être assuré de la constance de l'erreur de collimation du mural de Greenwich (je n'avois pas besoin de connoître la grandeur absolue de cette erreur), je cherchai à déterminer sur le limbe le point qui correspond à la hauteur de l'équateur : pour trouver ce point, je n'employai que des hauteurs du soleil, prises au mural dans le temps des équinoxes. J'évitai ainsi l'influence que l'obliquité de l'écliptique a sur les déclinaisons déduites de l'obliquité supposée et des ascensions droites observées à la lunette méridienne. Or, connoissant la hauteur et la déclinaison du soleil, je connoissois par cela même la position de l'équateur ; j'aurois en même temps trouvé la latitude de Greenwich, si je n'avois pas voulu éluder toute hypothèse sur l'erreur de collimation de l'instrument.

La méthode que je viens d'indiquer se réduit à comparer les déclinaisons des étoiles à celles du soleil : elle offre trois grands avantages que ne donne point le cercle de Borda dans beaucoup de circonstances.

1.^o On peut trouver les déclinaisons des étoiles sans connoître la latitude du lieu de l'observation.

2.^o On est dispensé de connoître l'erreur de collimation du mural.

3.^o La réfraction a très-peu d'influence sur les déclinaisons observées, car ces dernières sont égales aux différences de la hauteur équatoriale supposée, et de la hauteur de l'astre. Soient, par exemple, ces hauteurs α et δ , l'influence de la réfraction sur la déclinaison sera $57'' (\cotang. \alpha - \cotang. \delta)$. Si, au contraire, on avoit déterminé la latitude par des étoiles circumpolaires, et que les hauteurs des autres étoiles eussent été prises dans la partie sud du méridien, l'influence de la réfraction auroit été $57'' \tan g. \alpha + 57'' \cotang. \delta = 57'' (\tan g. \alpha + \cotang. \delta)$. Dans ce cas, il faut connoître exactement la réfraction correspondante à 45° de hauteur, que j'ai supposée de $57''$. D'après M. Bürg, cette réfraction est de $58''.7$; d'après Bradley, elle est de $56''.9$; d'après

M. Maskelyne, de $55^{\circ},8$; d'après MM. Maskelyne et Hawksbee, de $54^{\circ},6$; d'après Maclesfield, de $54^{\circ},5$; d'après M. Piazzi, de $55^{\circ},87$.

M. Piazzi ² a déterminé la réfraction moyenne à Palerme, pour les 45° de distance zénithale, en comparant des déclinaisons apparentes d'étoiles avec les déclinaisons vraies observées par M. Maskelyne, par Bradley et La Caille; il s'est servi, pour cette méthode, des distances zénithales de Sirius, de α d'Orion, de Procyon, et de plusieurs autres étoiles. Mais ces déclinaisons vraies ne sont-elles pas elles-mêmes des fonctions de la réfraction, et ne peut-on pas exprimer chaque déclinaison par distance zénithale app. — hauteur polaire + réfraction, ou bien par $z + c - \rho$? Cette méthode ne donnera des résultats certains que lorsque, pour un autre lieu de la terre, z est ou zéro, ou très-petit. Or, Sirius et Fomalhaut n'ont pas cette propriété à l'égard de Paris et de Palerme, et il me paroît que les observations de M. Piazzi, bien loin de fournir quelques données sur la grandeur absolue des réfractions, sous les 38 et les 51 degrés de latitude, prouvent, au contraire, que les réfractions ne sont pas essentiellement différentes à Greenwich, à Paris et à Palerme.

Pour parvenir plus facilement au but que je m'étois proposé, je supposai exacte l'ascension droite d'Atair observée par M. Maskelyne à la lunette méridienne, et j'en déduisis l'ascension droite et la déclinaison du soleil, en supposant connue l'inclination de l'écliptique. De cette manière, je trouvai la direction de l'équateur (hauteur du pôle $\pm$ collimation):

Par l'équinoxe du printemps, $51^{\circ} 28' 32'',866 - 0,430 \Delta$ A. R. 0

Par l'équinoxe d'automne, .. $51^{\circ} 28' 33'',633 - 0,421 \Delta$ A. R. 0

$$- 0'',767 - 0,851 \Delta$$

Par conséquent, Δ A. R. $0 = -0'',9$ en arc $= -0,060$ en temps.

J'avois supposé l'ascension droite de α de l'Aigle, pour 1802, de $7^{\text{h}} 41' 7'',130$

D'où résulte l'ascension vraie de $7^{\text{h}} 41' 7'',070$

M. Bürg ³ la trouve, d'après les observat. de M. Maskelyne, de $7^{\text{h}} 41' 7'',231$

M. Piazzi ⁴ a obtenu, par ses propres observations $7^{\text{h}} 41' 7'',228$

Terme moyen $7^{\text{h}} 41' 7'',165$

¹ Philosophical Transactions, for the year 1787, p. 168 et 172.

² Della specola, etc., p. 196 et suiv.

³ Zach, monatliche Correspondenz, für 1805, März, p. 215.

⁴ Del reale Osservatorio di Palermo, Libro VI, etc.

Ce nombre ne diffère que de 0,035 secondes en temps, ou $\frac{1}{2}$ seconde en arc, de l'ascension droite que j'ai admise dans tous les calculs astronomiques renfermés dans cet ouvrage. Ces résultats approchent de très-près de ceux trouvés par M. Bürg. Nous sommes de même sensiblement d'accord sur la *direction de l'équateur*, ou sur le point du limbe dans lequel le plan de l'équateur coupe le mural de Greenwich. M. Bürg suppose la latitude de Greenwich de $51^{\circ} 28' 40'',0$; l'erreur de collimation étant de $+ 1'',34$, il trouve le point d'intersection de l'équateur avec le mural de Greenwich, à $51^{\circ} 28' 38'',66$.

En employant la correction de réfraction suivant Bradley, j'obtiens :

Ascension droite de α de l'Aigle $295^{\circ} 16' 56'',95 - 2,52 \Delta \phi$ par l'équinoxe d'automne 1796
 $295^{\circ} 17' 5'',52 + 2,52 \Delta \phi$ par l'équin. du printemps 1797
 $- 54''; 6 - 4,64 \Delta \phi = 0$, par conséquent $\Delta \phi = - 7'',46$.

L'équinoxe de printemps, en 1798, donna pour l'ascension droite de α de l'Aigle, ...

$$\begin{array}{r} 295^{\circ} 17' 1'',54 + 2,52 \Delta \phi \\ 295^{\circ} 16' 35'',90 - 2,52 \Delta \phi \\ \hline + 35'',64 + 4,64 \Delta \phi = 0 \end{array}$$

d'où $\Delta \phi = - 7'',68$. Terme moyen des deux, $7'',57$.

d'où résulte : position corrigée de l'équateur,

$$51^{\circ} 28' 38'',66 - 7'',57 = 51^{\circ} 28' 31'',09$$

En additionnant..... $\frac{1}{2} 0'',77$, quantité dont la réfract. de Bradley est plus petite que celle de M. Laplace,

Direction de l'équateur..... $51^{\circ} 28' 51'',86$, d'après les calculs de Bürg.

Des deux équinoxes de 1802, $51^{\circ} 28' 55'',25$, d'après mes calculs.

Terme moyen..... $51^{\circ} 28' 52'',56$

La différence de $1\frac{1}{2}$ seconde en arc, est en elle-même très-insignifiante; mais elle se réduit à moitié, lorsqu'on fait attention que l'erreur de la collimation, dans les années 1797 et 1798, étoit de $+ 1'',34$, tandis qu'en 1802 elle n'étoit que de $0'',85$. La direction de l'équateur, d'après les observations faites en 1797 et 1798, aura donc été de $51^{\circ} 28' 33'',2$; et d'après les observations de l'année 1802, de $51^{\circ} 28' 34'',1$; différence qui ne s'élève, en cinq ans, qu'à $0'',9$.

Cet accord de deux résultats déduits d'observations absolument indépen-

* Zach, monatliche Correspondenz für 1805, März, p. 212 et suiv.

dantes, prouve sans doute pour l'exactitude des méthodes employées; mais une question bien plus importante est celle-ci : quelle est la latitude que l'on peut déduire de cette direction de l'équateur, déterminée par les observations faites au mural de Greenwich?

En me servant de la dénomination de *position* ou *direction de l'équateur*, j'ai voulu faire entendre que je n'osois pas décider sur un point aussi délicat. Je n'ignorois pas qu'en appliquant l'erreur de la collimation à la distance zénithale de l'équateur, j'obtenois directement la hauteur polaire; mais j'ai pensé qu'il seroit plus prudent de désigner la latitude du lieu par l'expression suivante : *direction de l'équateur* + la somme des erreurs du mural. Cette *direction* a été, d'après trente-trois jours d'observations, faites avant et après les équinoxes du printemps et de l'automne de 1801 et 1802, comme il suit :

51° 28' 32",6	32",0	31",7
34",8	34",6	31",6
34",5	31",8	50",7
32",6	32",8	53",2
34",9	55",1	51",2
35",7	53",1	56",3
35",5	20",8	52",3
56",6	33",4	54",8
52",3	31",7	55",0
31",4	55",9	55",1
34",3	31",5	54",1
Terme moyen, 51° 28' 33",25		

Les observations de M. Maskelyne, renfermées dans le tableau précédent, présentent tout l'accord qu'on pourroit désirer. La connoissance du diamètre du soleil n'a pas pu influer sur les résultats, la hauteur des deux bords ayant toujours été prise à la fois.

Maintenant, en comparant la direction de l'équateur avec la latitude 51° 28' 40", il se présente quatre questions différentes :

1.° La latitude de Greenwich est-elle exactement déterminée?

2.° Faut-il supposer, pour cet observatoire, une réfraction considérablement plus grande qu'à Paris, à Gottingue et à Palerme?

3.^o Faut-il admettre, avec M. Pond¹, une excentricité dans la lunette du mural, ou, comme l'a fait Lalande, doit-on supposer des erreurs de division dans le limbe de l'instrument?

4.^o L'erreur de collimation ne seroit-elle pas suffisamment connue?

Les réponses à la première et à la quatrième de ces questions sont indifférentes pour la méthode que j'emploie en calculant les observations de M. Maskelyne, parce qu'elles ont toutes été faites dans la même partie du méridien, et que la méthode n'exige point le retournement de l'instrument. La deuxième question, celle qui concerne les réfractions, n'influe presque pas sur les résultats de mes recherches; et quant à la troisième question, M. Maskelyne assure avoir fait, conjointement avec M. Troughton, artiste justement célèbre, toutes les vérifications nécessaires pour prouver qu'il n'y a pas d'excentricité dans la lunette du mural de Bird². Comment supposer, en effet, que tant d'habiles astronomes qui ont observé à Greenwich, n'eussent pas vérifié, pendant une longue série d'années, le mouvement de l'alidade sur le limbe de l'instrument?

Lalande avoit soupçonné des erreurs de division dans le quart de cercle; mais il faut observer ici que M. Maskelyne n'avoit pas négligé de faire toutes les recherches nécessaires sur un point si important: il affirme que le limbe du mural a été examiné avec toute l'attention possible; on n'y a pas découvert l'erreur d'une fraction de seconde, et six ans plus tard on a même trouvé l'arc parfaitement juste³.

Or, quels que soient les doutes que l'on puisse avoir sur l'erreur de collimation du mural de Greenwich, sur la latitude de l'observatoire, ou sur la valeur absolue des réfractions, ils n'influeraient presque en rien sur les résultats que présente la méthode que j'ai employée. En comparant immédiatement les hauteurs méridiennes des étoiles au point qui, sur le limbe du mural, correspond à la position de l'équateur, je déduis des observations de M. Maskelyne même les déclinaisons suivantes pour les 36 étoiles de son catalogue. Le tableau offre, outre les résultats de mes calculs, les différences qui existent entre les déclinaisons de MM. Maskelyne, Piazzi, Bürg et Pond, et celles que j'ai déduites des observations de Greenwich.

¹ Philosophical Transactions, for the year 1806.

² Astronomical Observations, etc., 1802.

³ Philosophical Transactions, for the year 1787, p. 159 et suiv. Bird's Method of constructing mural quadrants, p. 24.

nom des ÉTOILES.	ASCENSION DROITE moyenne, 1. ^{re} Janvier 1800.	DIFFÉRENCE avec 1. ^{re} Point.	DISTANCE JOLIAIS, 1. ^{re} Janvier 1800.	DIFFÉRENCE avec Point.	Diff. entre Machlysis et Point.	Diff. entre Point et Wep.	Diff. entre Point et Poud.
γ Pégase...	0 53 3,06	- 0,15	75 55 4,2	+ 0,8	- 7,5	- 4,7	...
β Belier...	1 56 2,21	- 0,11	69 28 51,4	+ 8,7	- 4,0	- 1,4	- 2,7
α Buffle...	2 51 56,56	- 0,17	86 41 42,3	- 0,5	- 6,2	- 1,8	- 3,1
α Taureau...	4 24 34,24	+ 0,05	73 54 2,2	- 0,2	- 8,8	+ 0,8	- 1,1
La Chevre...	5 2 2,00	+ 0,01	44 13 16,5	+ 3,2	- 0,8	+ 0,6	- 2,3
β Rigel...	5 5 1,55	- 0,02	98 26 27,7	+ 1,0	- 8,7	- 3,2	- 2,4
α Taureau...	5 13 49,96	- 0,02	61 34 29,1	+ 2,1	- 3,9	- 3,6	- 2,3
α Orion...	5 44 27,20	- 0,11	82 38 53,2	+ 1,1	- 4,5	- 2,1	- 3,6
α Sirius...	6 36 25,59	+ 0,27	106 27 13,1	+ 0,4	- 8,3	- 2,4	- 2,8
α Castor...	7 21 56,45	+ 0,03	57 21 52,5	+ 2,3	- 2,0	+ 0,1	- 1,9
α Procyon...	7 28 55,54	- 0,21	84 16 40,9	+ 2,5	- 4,0	- 0,8	- 0,7
α Pollux...	7 35 10,62	- 0,08	41 30 50,7	+ 1,5	- 3,5	- 2,4	- 1,3
α Hydre...	9 17 51,24	+ 0,05	97 48 26,4	+ 1,2	- 3,9	- 1,5	- 4,4
α Regulus...	9 57 48,74	+ 0,11	77 4 13,7	+ 2,0	- 3,3	- 0,6	- 4,4
β Lion...	11 38 56,81	- 0,15	74 19 18,2	+ 2,7	- 0,9	+ 1,6	- 1,8
β Vierge...	11 40 22,71	- 0,06	87 7 11,7	+ 1,3	- 5,7	- 0,1	...
α Vierge...	13 14 46,64	- 0,07	100 7 20,6	- 1,6	- 7,6	- 2,7	- 4,6
α Arcturus...	14 6 37,84	+ 0,07	69 48 55,5	+ 3,6	- 2,5	- 1,9	- 5,3
α Balance...	14 39 45,42	- 0,19	105 9 29,8	...	...	...	...
α Balance...	14 39 46,76	- 0,10	105 12 35,9	- 1,6	- 7,9	- 0,8	...
α Couronne b...	15 26 18,39	+ 0,20	62 56 53,0	+ 1,6	- 1,9	+ 0,4	- 2,2
α Serpent...	15 34 51,35	- 0,02	82 56 51,5	+ 1,1	- 5,6	+ 2,1	- 4,8
α Antares...	16 17 17,57	- 0,11	115 58 23,0	- 0,8	- 12,6	- 3,1	...
α Hercule...	17 5 37,35	+ 0,08	75 22 25,6	+ 3,6	- 6,1	- 3,7	...
α Ophiuchus...	17 25 44,75	- 0,05	27 17 5,5	+ 1,8	- 3,4	- 0,7	- 3,0
α Lyre...	18 30 13,91	- 0,05	51 23 38,4	+ 4,7	+ 1,6	+ 3,4	- 1,8
γ Aigle...	19 36 56,47	- 0,22	79 01 51,2	- 0,7	- 5,9	- 2,1	...
α Aigle...	19 41 7,07	- 0,15	81 58 59,8	+ 2,4	- 3,6	- 0,4	- 5,1
β Aigle...	19 45 35,01	- 0,07	84 4 59,6	+ 1,2	- 5,5	- 2,0	...
α Capricorne...	20 6 59,63	- 0,19	403 6 50,0	- 1,2	- 8,3	- 3,1	...
α Capricorne...	20 7 5,12	- 0,09	105 8 48,7	- 1,4	- 8,5	- 3,1	- 3,6
α Cygne...	20 34 40,85	- 0,07	...	...	...	...	...
α Verseau...	21 55 56,37	- 0,20	91 16 55,5	+ 1,5	- 6,7	- 2,6	- 3,5
α Fomalhaut...	22 46 40,76	- 0,06	120 40 4,1	+ 0,0	- 11,4	+ 1,7	...
α Pégase...	22 54 54,17	- 0,16	75 51 24,7	+ 0,1	- 6,4	- 3,7	- 4,5
α Andromède...	23 58 10,55	- 0,04	62 0 13,5	+ 0,0	- 6,8	- 4,7	- 5,6

Les déclinaisons de Wega et de Dench sont douteuses, ayant été mesurées dans un temps où l'erreur de collimation du mural présentait de grandes irrégularités. M. Maskelyne examina, avec Troughton, le mouvement de la lunette autour du cylindre central, et y trouva réellement une petite crevasse (*scratches*) à la partie supérieure du cylindre inférieur, produite, à ce qu'il paroit, par le dessèchement de l'huile, et, par le mouvement de la lunette autour de ce cylindre. Après que Troughton eût remédié à ce petit défaut, on trouva les distances zénithales de γ du Dragon avec la même précision qu'auparavant.

J'ai donné, dans le choix des observations, la préférence aux années 1801 et 1802, parce que ces années tombent vers le milieu de la période qui renferme toutes les observations de M. de Humboldt. Le tableau suivant prouve d'ailleurs combien l'erreur de collimation a été peu variable.

M. Maskelyne la trouva,

En 1801, aux mois d'août et de septembre.....	+ 1",0
d'octobre et de novembre....	+ 0",6
jusqu'au mois de décembre.....	+ 0",3
jusqu'au 14 de décembre.....	+ 0",7
En 1802, au mois de janvier.....	+ 0",5
jusqu'au mois de mars.....	+ 1",1
aux mois de juin et de juillet.....	+ 0",8
au mois d'août.....	+ 0",7
aux mois d'août et de septembre.....	+ 1",5
aux mois de septembre et d'octobre....	+ 1",1
jusqu'à la fin du mois de décembre,.....	+ 1",0
Donc en 1801 et 1802.....	+ 0",85

En comparant le tableau précédent aux distances polaires observées par M. Piazzi, nous trouverons, pour les 36 étoiles dont j'ai calculé les déclinaisons d'après les observations de Greenwich, en terme moyen, les différences suivantes :

- 1) D'après les calculs de M. Maskelyne..... — 5",3
- 2) D'après les calculs de M. Bürg..... — 1",4
- 3) D'après mes calculs..... + 1",2

* *Astronomical Observations, made at the royal observatory at Greenwich, in the year 1802.*

Le tableau que je viens de présenter, prouve sans doute pour la grande précision des observations de M. Maskelyne. Dans tous les travaux de l'astronomie pratique, il faut distinguer entre les résultats qu'offre immédiatement un grand nombre d'observations concordantes entre elles, et les résultats qui sont modifiés d'après des hypothèses plus ou moins incertaines sur les réfractions, sur l'erreur de collimation, sur la latitude absolue de l'observatoire, et sur d'autres éléments infiniment délicats, lorsqu'il s'agit de quantités très-petites. Quelle difficulté ne présente pas la détermination précise de l'erreur de collimation seule, si on doit la chercher par le retournement d'un grand mural, par la comparaison d'un secteur zénithal et d'un mural, ou, ce qui est plus incertain encore, par la déclinaison des étoiles?

En suivant la méthode que j'ai indiquée plus haut, les observations de M. Maskelyne s'accordent, quant aux déclinaisons, avec le catalogue de M. Piazzi, à peu de secondes près. Pour 36 étoiles, d'après mon calcul, les différences n'ont été que trois fois au-dessus de trois secondes; elles n'ont jamais été au-dessus de 3^e,6. D'après le catalogue de M. Maskelyne, au contraire, les différences ont excédé quinze fois six secondes, et se sont même élevées jusqu'à onze ou douze secondes. Je me flatte que l'illustre astronome de Greenwich, auquel nous devons un immense recueil d'observations précieuses, ne verra pas sans intérêt les résultats auxquels nous sommes parvenus, M. Bürg et moi, par des voies tout-à-fait différentes.

Les latitudes qui ont été déterminées par M. de Humboldt, dans le cours de son voyage en Amérique, se fondent ou sur le passage du soleil et des étoiles par le méridien, ou sur la hauteur des astres, lorsqu'ils sont éloignés de leur culmination et que le voyageur a pu obtenir une connoissance exacte du temps pour réduire les hauteurs au méridien. Dans le cas très-rare que ces moyens n'ont pas pu être employés, il a fallu avoir recours à des hauteurs correspondantes. Quant à la méthode de Douwes, l'astronome qui voyage par terre, ne trouve occasion de s'en servir avec avantage que lorsqu'il séjourne quelque temps dans le même endroit. Sous les tropiques, il ne peut en faire usage en prenant des hauteurs de soleil, que pendant une petite partie de l'année, où l'astre, en s'approchant du méridien, n'est pas trop élevé pour être observé avec des instrumens de réflexion et dans des horizons artificiels.

Le problème de Douwes consiste à trouver l'état du chronomètre, au moyen d'une ou de plusieurs hauteurs absolues éloignées du passage de l'astre par le méridien; de corriger, par cette donnée, l'angle horaire d'une seconde hauteur

mesurée près de la culmination, et de réduire cette dernière hauteur au méridien. Tout dépend, dans cette méthode, de la précision avec laquelle on mesure la hauteur près de la culmination; car la détermination du temps ou l'exactitude de l'angle horaire, influent moins sensiblement sur le changement de l'astre près du méridien.

Soit h la hauteur de l'astre, lorsqu'il est le plus éloigné de son passage au méridien, h' la hauteur proche du méridien, t et t' les angles horaires, ϕ la latitude supposée du lieu de l'observation, et δ la déclinaison de l'astre: il faut, suivant Douwes, calculer par h , ϕ et δ , l'angle horaire t , et on trouvera:

$$\Delta t = \frac{\text{tang. } \delta - \text{tang. } \phi \cos. t}{\sin. t} \Delta \phi;$$

et en faisant $t = t'$ moins l'intervalle des observations, on obtient

$$\Delta \phi = \frac{\sin. (t - t')}{\text{tang. } \delta - \text{tang. } \phi \cos. (t - t')} \Delta t.$$

La solution indirecte du problème de Douwes se réduit, par conséquent, à une règle de fausse position (*positio falsi seu arbitrarii*); et si on l'envisage sous ce point de vue, j'avoue l'avoir suivie pour calculer la plupart des hauteurs

Cornelis Douwes étoit examinateur des officiers de terre et de mer à Amsterdam. La solution qu'il donna de ce problème: Trouver la latitude au moyen de deux hauteurs mesurées hors du méridien, fut publiée pour la première fois dans les Mémoires de la société de Harlem, Vol. I. Le bureau des longitudes de Londres adjugea à Douwes, pour ses tables, une récompense de 50 livres sterling. Depuis cette époque, elles ont paru dans les *Tables requises*, et dans d'autres ouvrages nautiques. Il est certain d'ailleurs qu'on connoissoit, long-temps avant Douwes, le manière de déterminer la latitude d'un lieu par la combinaison de deux hauteurs du soleil. Voici quelques-uns des auteurs qui en ont parlé: Pierre Nonius, dans son ouvrage de *Crepidula*, 1542; Robert Hues, 1594, dans son *Traité de Globis et eorum usum*; Gieselermacher, dans son ouvrage *Verfahre der Schiffahrt der Zeeport of de Zonen der Noordvliet*, 1691; Gerhard Kiehlhagen, dans son *Verhanderung der altydt der witten Mannen*, etc., 1681; Adhang; Paul Halley, dans son *Ships-Course*, 1706; Van Swick, de l'Esne, et autres, ont cherché à répandre cette méthode parmi les marins. (Voyez aussi Klüver *astronomische Abhandlungen*, Thell I, §. 282; Mampouris, *Astronomie nautique*, problème 12; Schubert, dans *Bode astron. Jahrbuch*, für 1798, S. 188; Klügel, dans *Bode astron. Jahrbuch*, für 1799, S. 176.) Lalande, dans son *Astronomie*; Brinkley, dans le *Supplément du Nautical Almanac*; Campbell, dans le *Nautical Almanac*, 1793; Pemberton, dans les *Philosophical Transactions*, for the year 1760; Lyons, dans le *Nautical Almanac*, for 1758; Vince, dans son *Astronomie*; Mendoza y Rios, dans la *Connaissance des temps* pour 1793; William Lais, dans les *Philosophical Transactions*, for 1799; Newland; dans le *L. Supplément aux Ephémérides de Bode*, et récemment encore M. Delambre, dans la *Connaissance des temps*, pour 1809, ont examiné les diverses circonstances sous lesquelles la méthode de Douwes peut être employée avec succès.

circumméridiennes que j'ai trouvées dans les manuscrits de M. de Humboldt. Des hauteurs prises à de très-grandes distances du méridien, ont été employées pour établir l'état du chronomètre; son avance et le retard sur le temps vrai du lieu, m'ont servi à calculer l'angle horaire pour les observations faites près du passage de l'astre par le méridien. Or, ces observations étant presque toujours faites des deux côtés du méridien, il arrive ordinairement que les petites erreurs qui résultent de l'incertitude du temps, se détruisent en grande partie. En suivant cette méthode, j'ai pu même combiner des hauteurs du soleil avec celles des astres, prises à des époques rapprochées.

Quoique la détermination des latitudes ne présente pas les mêmes difficultés que la détermination des longitudes, on ne sauroit nier qu'elle n'appartienne aux opérations les plus délicates de l'astronomie pratique. Depuis qu'on s'est livré à de nouvelles recherches sur la figure de la terre, et qu'on a mesuré, avec la plus scrupuleuse exactitude, l'amplitude des arcs dont la longueur étoit connue par des opérations trigonométriques, on s'est aperçu combien il est difficile, malgré l'extrême perfection des instrumens et la grande habileté des astronomes, de parvenir à l'exactitude d'une seconde sexagésimale; à peine existe-t-il un ou deux observatoires en Europe où l'on puisse se flatter d'avoir obtenu ce degré de précision dans la détermination de latitude; mais aussi que d'années se sont écoulées avant que l'astronomie pratique ait pu s'élever peu à peu au degré de perfection auquel elle se trouve de nos jours!

Vers le milieu du dix-septième siècle, le célèbre Hevelius (Hevelke) à Dantzick, fut le seul astronome qui eût des instrumens avec lesquels on pût mesurer des latitudes à une demi-minute près. En 1664, Auzout, astronome français, se plaignoit encore « qu'il n'existoit ni à Paris, ni dans aucun lieu du royaume, « un instrument avec lequel on pût prendre exactement la hauteur du pôle ».

Picard fixa cependant déjà, en 1668, la latitude de Paris à $48^{\circ} 50' 13''$; il la fit plus petite de $8''$ l'année d'après. Cassini, en 1691, trouva le même résultat. En 1720, Louville fixa la latitude de l'observatoire de Paris à $48^{\circ} 50' 6''$; Maraldi, en 1732, la fit de $48^{\circ} 50' 11''$; et Le Monnier, en 1738, de $48^{\circ} 50' 10''$. Cassini de Thury, quatre années plus tard, augmenta cette latitude de $1''$;

¹ Lalande, *Astronomie*, Tom. II, §. 2509, 2.^e édition. Riccioli, dans sa *Geographia reformato*, l'exprima ainsi, en 1672, au sujet de la latitude de Lisbonne : *Ulyssippius altitudo poli, seu « latitudo geographica tam absona diversitate quod auctores reperitur, ut pene mihi possent eam producere « in medium. »*

et dix-sept ans après, Lacaille y ajouta encore $4''$. Cassini, Nouet et Perny la vérifièrent de nouveau avec le cercle répétiteur, et la trouvèrent de $48^{\circ} 50' 11''$. Aujourd'hui elle est fixée, par le grand travail de M. Delambre, qui embrasse 1768 observations, à $48^{\circ} 50' 14''$. Ce résultat doit être diminué d'une demi-seconde, si, au lieu de la table de réfraction de Bradley, on emploie celle de M. Laplace ¹.

Flamsteed ², qui fut le premier astronome à l'observatoire de Greenwich, fixa, en 1689, la latitude de cet observatoire à $51^{\circ} 28' 30''$, au moyen d'un mural de sept pieds; Halley, qui succéda à Flamsteed, confirma ce résultat. Bradley, avec des instrumens construits par Bird, observa la latitude de Greenwich dans les années 1750 et 1752, et la trouva de $51^{\circ} 28' 38''$: en 1753, il la détermina avec un nouveau mural, et la trouva de $51^{\circ} 28' 41''.5$, c'est-à-dire, plus grande de $3'' \frac{1}{2}$.

En 1787, M. Cassini de Thury ³, dans un mémoire sur la jonction trigonométrique de l'observatoire de Paris avec celui de Greenwich, soutint que la latitude de ce dernier étoit incertaine de $15''$. M. Maskelyne réfuta cette assertion: il examina de nouveau la latitude de son observatoire, et, par un grand nombre d'observations, il la trouva de $51^{\circ} 28' 40''.7$; il adopta ⁴ définitivement $51^{\circ} 28' 40''$.

Vers ce temps, le célèbre Ramsden abandonna l'ancienne construction des miroirs, et la remplaça par des cercles qui avoient déjà été proposés par Olaus Roemer, dès l'année 1700. Un de ces nouveaux cercles, de 12 pieds, fut envoyé à l'observatoire de Dublin; un autre, de 8 pieds, fut destiné pour Palerme, où, entre les mains de M. Piazzi, il a rendu de grands services à l'astronomie. M. Piazzi ⁵ écrivit en 1790, à Lalande, qu'avec le grand cercle de Ramsden, il avoit trouvé la latitude de son observatoire de $38^{\circ} 6' 40''$. Dans l'ouvrage qu'il a publié sur l'observatoire de Palerme, il augmenta cette latitude de $4''$, et bientôt après encore d'une seconde; aujourd'hui M. Piazzi ⁶ fixe la latitude de son observatoire à $38^{\circ} 6' 42''.5$.

¹ *Extrait des observations, etc.*, 1790. *Mémoires de l'Académie des sciences*, pour 1744, 1755, *Base du Système métrique*, T. II.

² *Historia celestis, etc.*, Vol. III.

³ *Philosophical Transactions, for the year 1787*, p. 151.

⁴ *Philosophical Transactions, for the year 1787*, p. 168.

⁵ *Cyrcnaissance des temps*, pour 1793, p. 281.

⁶ *Dello reale osservatorio di Palermo*, Libro VI.

L'observatoire de Milan possède, depuis 1765, un sextant de six pieds, et un mural de la même dimension. C'est avec ces instrumens qu'on fixa la latitude de ce lieu à $45^{\circ} 28' 10''$. Reggio la trouva, en 1783, de $45^{\circ} 27' 57''$; quinze années plus tard, on la réduisit à $45^{\circ} 27' 58''$. D'après des observations faites avec des cercles répétiteurs, on la fit de $45^{\circ} 28' 2''$; aujourd'hui elle est de nouveau fixée à $45^{\circ} 27' 59''$: « *Risulta la latitudine di Milano, $45^{\circ} 27' 59''$ minore di $3''$ di quella usata l'anno 1600.* »

L'observatoire de Manheim a un mural de 8 pieds de Bird, et un secteur zénithal de 9 pieds de Sisson. Avec ces instrumens précieux, le jésuite Mayer fixa la latitude de ce lieu à $49^{\circ} 27' 55''$. MM. Barry et Henry³ la trouvèrent, dans les années 1799 et 1794, de $49^{\circ} 29' 18''$. Plus tard on l'augmenta de $6''$; et aujourd'hui on la fixe de nouveau à $49^{\circ} 29' 18''$.

MM. Bernoulli et Bode ont trouvé, pour Berlin, une latitude qui diffère d'une minute de celle donnée par Lalande. M. Bugge a prouvé que la hauteur-polaire de Copenhague diffère de $30''$ de celle fixée par Pingré. La Caille avoit ajouté $19''$ à la latitude de Göttingue, déterminée par Mayer; Litrow⁵ a changé celle de Cracovie de $15''$.

Ces exemples, que j'aurois pu multiplier considérablement, prouvent combien il est difficile de fixer avec précision la latitude d'un observatoire, lors même qu'on y a observé pendant un grand nombre d'années: les difficultés augmentent lorsqu'un astronome voyageur ne peut séjourner que peu de nuits dans le même endroit, et lorsqu'il n'a à sa disposition que des instrumens de réflexion d'un diamètre peu considérable.

Le plus grand nombre des latitudes déterminées par M. de Humboldt, ont été déduites, comme nous l'avons indiqué plus haut, de hauteurs d'étoiles circumpolaires. La réduction de ces hauteurs suppose la connaissance exacte du temps. Lorsque le voyageur a pu s'arrêter pendant plusieurs jours dans un même endroit, il a tâché de déterminer l'avance, ou le retard de son chronomètre sur le temps vrai du lieu, par des hauteurs correspondantes du soleil, prises au moment où il étoit près du premier vertical. Lorsque les circonstances n'ont pas permis

¹ Ephemerides astron. Mediolanenses, anni 1777, 1783, 1796, 1798, 1801, 1807 et 1808, p. 48.

² Bode's Jahrbuch, 1784, p. 158.

³ Connaissance des temps, pour 1793, p. 281.

⁴ Zuch, Tabulae observationis, Vol. I.

⁵ Observ. astronom. auctore Bugge, etc., p. LXVI, LXXII. Bode's Jahrbuch, für 1812, p. 168.

d'employer ce moyen, il y a suppléé par des hauteurs absolues du soleil ou des étoiles. J'examinerai rapidement le degré d'exactitude que l'on peut atteindre en déduisant la latitude, soit de hauteurs correspondantes, soit de deux hauteurs prises dans le méridien.

2. Détermination de Latitude au moyen des hauteurs correspondantes.

Désignons la hauteur d'un astre par h , sa déclinaison par δ , son angle horaire par t , et la latitude par φ ; le problème que nous devons résoudre consiste à trouver une équation entre l'angle horaire, et entre la déclinaison et la hauteur; car les hauteurs correspondantes font connoître le temps de la culmination de l'étoile, aussi que l'angle horaire qui correspond à chaque hauteur. Nous avons,

$$\sin. h = \sin. \delta \sin. \varphi + \cos. \delta \cos. \varphi \cos. t = \sin. \delta (\sin. \varphi + \cos. \varphi \operatorname{colog.} \delta \cos. t),$$

Faisant $\operatorname{colog.} \delta \cos. t = \operatorname{colog.} a$, on aura

$$\sin. h = \frac{\sin. \delta}{\sin. a} \left(\sin. \varphi \sin. a + \cos. \varphi \cos. a \right) = \frac{\sin. \delta}{\sin. a} \cos. (\varphi - a);$$

par conséquent, $\cos. (\varphi - a) = \frac{\sin. h \sin. a}{\sin. \delta} = \cos. \beta$, et $\varphi = a \pm \beta$, équation où l'on fera usage du signe positif si la déclinaison de l'astre est australe, et du signe négatif si elle est boréale.

Afin de juger de la bonté de cette méthode, différencions l'équation donnée ci-dessus, et nous aurons

$$\begin{aligned} \Delta h \cos. h &= \delta \cos. \varphi \sin. \delta + \delta \cos. \delta \sin. \varphi - \Delta \varphi \sin. \varphi \cos. \delta \cos. t \\ &\quad - \Delta \delta \sin. \delta \cos. \varphi \cos. t - \Delta t \sin. \delta \cos. \varphi \cos. \delta \\ \Delta \varphi (-\cos. \varphi \sin. \delta + \sin. \varphi \cos. \delta \cos. t) &= (-\sin. \delta \cos. \varphi \cos. t + \cos. \delta \sin. \varphi) \Delta \delta \\ &\quad - \Delta h \cos. h + (\sin. \delta \cos. \varphi \cos. t) \Delta t \\ &= \sin. \delta \Delta t - \frac{\cos. h. \Delta h}{\sin. \varphi \cos. t \cos. \delta - \cos. \varphi \sin. \delta} \\ &\quad + \left(\frac{\cos. \delta \sin. \varphi - \sin. \delta \cos. \varphi \cos. t}{\sin. \varphi \cos. t \cos. \delta - \cos. \varphi \sin. \delta} \right) \Delta \delta. \end{aligned}$$

L'influence de l'angle horaire sur la hauteur du pôle est d'autant plus considérable, que cet angle horaire est plus grand, et que la déclinaison est plus petite.

L'influence de la hauteur observée sur ϕ est la plus petite lorsque l'angle horaire est très-petit, ou lorsque la hauteur est une hauteur méridienne; car, dans ce cas,

$$\cos. t = 1 \text{ et } \sin. \phi \cos. \delta \cos. t - \cos. \phi \sin. \delta = \sin. (\phi - \delta), \text{ et } \frac{\cos. h}{\sin. (\phi - \delta)} = 1;$$

alors l'erreur commise dans la mesure de la hauteur est égale à celle de la latitude. Dans tous les autres cas, l'influence est plus grande.

On peut exprimer le coefficient de $\Delta \delta$ par $\frac{1 - \cos. t \cotang. \phi \tang. \delta}{\cos. t - \cotang. \phi \tang. \delta}$.

L'influence de l'erreur de la déclinaison sera la plus petite lorsque la hauteur de l'astre aura été observée dans le méridien, parce que, dans ce cas, $\cos. t$ est égal à l'unité, et $\frac{1 - \cos. t \cotang. \phi \tang. \delta}{\cos. t - \cotang. \phi \tang. \delta} = 1$. Au delà et en deçà du méridien, le coefficient de $\Delta \delta$ sera > 1 .

Cette méthode, qui a été employée avec succès par M. de Zach¹, suppose qu'on puisse compter sur la marche uniforme du chronomètre, dans l'intervalle qu'il y a entre les observations faites avant et après le passage par le méridien.

Il résulte, d'ailleurs, de l'ensemble de ces considérations, qu'un voyageur doit tâcher de faire ses observations aussi près que possible du moment de la culmination, et que les observations faites dans le méridien même sont les meilleures de toutes pour déterminer les latitudes.

3. Détermination de Latitude par deux hauteurs prises près du méridien.

Lorsqu'on a pris quelques hauteurs dans le voisinage du méridien, on peut, au moyen de la méthode précédente, en déduire facilement la hauteur méridienne.

D'après M. Delambre², le changement de la hauteur, près du méridien, est exprimé par

$$\Delta h = - \left(\frac{2 \sin. \frac{1}{2} t \cos. \delta \cos. \phi}{\sin. (\phi - \delta) \sin. 1''} \right) + \frac{1}{2} \left(\frac{2 \sin. \frac{1}{2} t \cos. \delta \cos. \phi}{\sin. (\phi - \delta) \sin. 1''} \right)^2 \cot. (\phi - \delta) \sin. 1'', \text{ etc.}$$

¹ Bode, *Astron. Jahrbuch*, für 1793, p. 176.

² *Méthodes analytiques*, etc., p. 47.

Astronomie.

Si les hauteurs n'ont pas été prises trop loin du méridien, on pourra négliger le second terme de la réduction; le troisième et les suivans seront absolument insensibles.

Lorsqu'on observe les hauteurs du soleil, il faut avoir égard au changement en déclinaison qui a lieu depuis le moment de chaque observation jusqu'au moment de la culmination.

Soit H la hauteur méridienne, ΔH le changement de hauteur dans une minute en temps, $\pm \Delta \delta$ le changement de déclinaison dans une minute en temps: on prendra le signe positif lorsque le soleil est dans les signes ascendants, et le signe négatif lorsqu'il se trouve dans les signes descendans.

Cela posé, soit h une hauteur prise x minutes avant la culmination, et h' une hauteur observée y minutes après la culmination; on aura:

$$h = H - \Delta H x \mp \Delta \delta x$$

$$h' = H - \Delta H y \pm \Delta \delta y$$

$$h' - h = \Delta H (x - y) \pm \Delta \delta (x - y) \mp \Delta H (x + y) \pm \Delta \delta (x + y)$$

Comme, dans cette équation, on connoît $x + y$, intervalle des observations, et $h' - h$, différence des hauteurs, on trouvera,

$$x + y = \frac{h' - h \mp \Delta \delta (x + y)}{\Delta H (x + y)} = \frac{h' - h}{\Delta H (x + y)} \mp \frac{\Delta \delta}{\Delta H};$$

$$\text{par conséquent } x = \frac{x + y + (x - y)}{2}, \text{ et } y = \frac{x + y - (x - y)}{2}.$$

Si les deux hauteurs ont été prises avant le passage de l'astre par le méridien, on aura:

$$h = H - \Delta H x \mp \Delta \delta x$$

$$h' = H - \Delta H y \mp \Delta \delta y$$

$$h' - h = \Delta H (x - y) \mp \Delta \delta (x - y) \mp \Delta H (x + y) \mp \Delta \delta (x + y)$$

$$x + y = \frac{h' - h}{\Delta H (x - y)} \pm \frac{\Delta \delta}{\Delta H};$$

au contraire, lorsqu'on les a observées après le passage du soleil par le méridien, on trouvera:

$$h = H - \Delta H x \pm \Delta \delta x$$

$$h' = H - \Delta H y \pm \Delta \delta y$$

$$h' - h = \Delta H (x - y) \pm \Delta \delta (x - y) \pm \Delta H (x + y) \pm \Delta \delta (x + y)$$

$$\text{par conséquent, } x + y = \frac{h' - h}{\Delta H (x - y)} \pm \frac{\Delta \delta}{\Delta H}.$$

Dans cette équation, $x - y$ et $h' - h$ sont connus; on trouvera donc les valeurs de x et y .

Le plus grand angle horaire se rapporte toujours à la petite hauteur. Lorsqu'on observe des étoiles, il faut que t , qui représente l'angle horaire, soit exprimé en temps sidéral.

J'ai très-rarement fait usage de cette méthode en calculant les observations de M. de Humboldt; car, connoissant toujours l'état du chronomètre, j'ai pu, par ce moyen, déterminer le temps de la culmination. Je n'ai eu recours à la *méthode de deux hauteurs*, qu'en calculant les observations faites sur la pente orientale de la Cordillère, entre les villes de Mexico et de la Vera-Cruz. M. de Humboldt, en quittant la capitale de la Nouvelle-Espagne, avoit cédé son chronomètre de Louis Berthoud à l'école des mines de Mexico: il se vit obligé de prendre des hauteurs de soleil près du méridien en se servant d'une montre à secondes, dont la marche étoit peu uniforme quoiqu'elle eût l'échappement des chronomètres d'Emery.

Le 1.^{er} février 1804, notre voyageur prit, à Xalapa, sous les 19° 30', 5 de latitude nord, des hauteurs du soleil (voyez Vol. II, p. 528) pour déterminer la latitude du lieu.

J'ai trouvé $\Delta H = 2^{\circ} 95' 14''$, $\Delta \delta = 0^{\circ} 7' 08''$. Les 2.^e et 5.^e hauteurs donnoient $h' - h = 35''$, $x - y = 2' 500''$; par conséquent, les deux hauteurs ayant été prises *après* la culmination, $x + y = 4' 9834''$, et $y = 1' 14'' 5$. L'observation eut lieu à 21^h 47' 0''; par conséquent, la culmination étoit à 21^h 45' 46''.

Les 3.^e et 5.^e hauteurs donnèrent $h' - h = 25''$, $x - y = 1' 533''$, $x + y = 5' 7653''$, et $x = 2' 7''$; la culmination à 21^h 47' 58'' - 2' 7'' = 21^h 45' 51'', résultat qui ne diffère du premier que de 5''.

4. Détermination de Latitude par trois hauteurs prises près du méridien, en connoissant exactement les intervalles des trois observations.

Le problème de trouver la hauteur du pôle, en supposant connues trois hauteurs d'un astre, et les intervalles qu'il y a entre ces observations, a beaucoup occupé les académiciens de Pétersbourg. Euler, Kraft, Bernoulli, et, dans les derniers temps, MM. Hauff et Mollweide, en ont donné des solutions.

^{*} Euler, *Act. Acad. Petropolit.*, anné 1777.; P. I, p. 269. Kraft, *Comment. Acad. Petrop.*, Tom. VII, p. 35; Tom. IV, p. 210. Daniel Bernoulli, *l. c.*, Tom. IV, p. 89. F. C. Meyer, *l. c.*, Tom. IV, p. 102.

Lorsque les hauteurs ne sont pas prises à plus de dix minutes du méridien, on peut arriver à son but par une voie très-courte, parce qu'alors on peut admettre que les différences des hauteurs près du méridien sont proportionnelles aux carrés de leurs angles horaires.

Nous aurons donc :

$$h = H - \Delta H x^2 \mp \Delta f x$$

$$h' = H - \Delta H y^2 \mp \Delta f y$$

$$h'' = H - \Delta H z^2 \mp \Delta f z$$

Il se présente deux cas : ou les trois observations auront été faites du même côté du méridien, ou l'une des hauteurs sera prise d'un côté, et deux de l'autre.

1.^o Supposons d'abord que les trois observations aient été faites *avant* ou *après* le passage par le méridien :

$$h'' - h = \Delta H (x + z)(x - z) \pm (x + z) \Delta f$$

$$h'' - h' = \Delta H (y + z)(y - z) \pm (y + z) \Delta f$$

$$\frac{h'' - h}{x - z} - \frac{h'' - h'}{y - z} = (x - y) \Delta H;$$

$$\text{par conséquent, } \Delta H = \frac{\frac{h'' - h}{x - z} - \frac{h'' - h'}{y - z}}{x - y}$$

2.^o Dans cette formule, les différences des hauteurs, et celles des temps, sont supposées données.

Lorsque deux hauteurs ont été observées d'un côté, et la troisième de l'autre côté du méridien, nous aurons :

$$h'' = H - \Delta H z^2 \pm \Delta f z; \text{ par conséquent,}$$

$$h'' - h = \Delta H (x + z)(x - z) \pm (x + z) \Delta f$$

$$h'' - h' = \Delta H (y + z)(y - z) \pm (y + z) \Delta f$$

$$\frac{h'' - h}{x + z} - \frac{h'' - h'}{y + z} = (x - z) \text{ et } \Delta H \Delta H = \frac{\frac{h'' - h}{x + z} - \frac{h'' - h'}{y + z}}{x - z}$$

J. Hermann, l. c., Tom. IV, p. 96. Hauf, dans les *Éphémérides de Bode*, IV.^e Supplém., p. 237. *Mémoires*, dans la *Corresp. de Zach*, mois d'août 1809. Voyez aussi Cagnoli, *Trigonométrie*, 2.^e édition, §. 1661; le *Traité de navigation de Bouguer*; l'*Astron. nautique* de Maupertuis; les *Mémoires astronomiques* de Kästner (*Astronomische Abhandlungen*, 2 vol. 8. 1772 et 1774); et le 6.^e Volume du *Traité de mathématiques* de Bezout.

Ici les différences des hauteurs, la somme et les différences des angles horaires sont données. On trouvera le changement de hauteur ΔH , et on s'en servira pour calculer le temps de la culmination, comme il a été dit ci-dessus.

M. Klügel a indiqué une méthode par laquelle la latitude peut être déduite de ces mêmes données : il a publié la démonstration de ses formules dans les *Éphémérides de M. Bode, pour l'année 1799*, p. 148.

D'après lui,

$$H - h = \frac{((x-z)^2(h'-h) - (x-y)^2(h''-h))^2}{4(x-z)(x-y)(y-z)((x-z)(h'-h) - (x-y)(h''-h))}$$

$$x = \frac{(x-z)^2(h'-h) - (x-y)^2(h''-h)}{2((x-z)(h'-h) - (x-y)(h''-h))}$$

Si les intervalles sont égaux, on aura :

$$H - h = \frac{(4(h'-h) - (h''-h))^2}{8(2(h'-h) - (h''-h))}$$

$$x = \frac{(x-y)(4(h'-h) - (h''-h))}{2(2(h'-h) - (h''-h))}$$

Malgré l'utilité de cette méthode, de trouver par trois hauteurs les changemens de hauteur dans un intervalle déterminé, je ne l'ai employée que rarement, parce qu'il m'a toujours semblé qu'on calcule le changement de hauteur plus facilement d'après la formule donnée ci-dessus (p. 17), qu'on ne le déduit des observations. Lorsque les hauteurs avoient été prises très-loin du méridien (ce qui n'arrivoit pas souvent), et que l'influence de l'angle horaire sur la détermination des latitudes pouvoit être considérable, j'ai toujours indiqué en marge, à côté des résultats, les rapports de changemens entre l'angle horaire et la hauteur polaire, ou

$$\Delta \phi = \left(\frac{\sin \epsilon}{\tan \delta - \tan \phi \cos \epsilon} \right) \Delta t.$$

Je me contente de citer l'exemple suivant. Le 16 avril 1800 (*Recueil*, Tom. 1, p. 225), M. de Humboldt avoit pris sur les bords de l'Orénoque, à *Atures*,

¹ Hecbert, dans les *Éphémérides de Bode*, pour 1803, p. 133, a donné une autre solution de ce problème, qui avoit déjà été examinée par d'Alembert, dans ses *Opuscules mathématiques*; mais les nouvelles formules sont aussi compliquées que les anciennes.

quelques hauteurs de *Canopus*, deux heures avant la culmination de l'étoile. Ces hauteurs donnèrent la hauteur polaire de $5^{\circ} 38' 34'' - 0,390 \Delta t$: dans ce cas, la latitude changeroit de $0',39 = 23'',4$, si l'angle horaire étoit en erreur d'une minute en arc.

En indiquant le rapport de changement entre l'angle horaire et la hauteur polaire, le lecteur est mis à même de juger du degré de confiance que l'on peut accorder au résultat définitif : cette méthode engage aussi les astronomes à ne pas mettre sur le compte de l'observateur les différences que présentent souvent les résultats partiels.

Lorsqu'on n'a pas un intérêt particulier d'examiner la cause de ces différences, on peut abrégé de beaucoup le calcul des hauteurs observées près du méridien, en ne calculant pas, pour chaque angle horaire, le changement de hauteur, mais en additionnant leurs carrés, et en divisant la somme par le nombre des angles horaires. On divisera de même la somme des hauteurs observées, et leurs angles horaires, par le nombre des observations, et l'on donnera le signe négatif aux hauteurs orientales, et le signe positif aux hauteurs prises à l'occident du méridien.

Soit, par exemple, le nombre des observations n , la somme des angles horaires T , la somme de leurs carrés S , les sommes des hauteurs σ , on aura :

$$H = \sigma + \left(\frac{S}{n} \right) \Delta H \mp \left(\frac{T}{n} \right) \Delta t.$$

Cette méthode est la même que celle dont on se sert pour calculer des observations faites au cercle répétiteur.

Lorsqu'on fait usage de hauteurs prises près du méridien, une petite erreur dans la détermination du temps influe d'autant moins sur la latitude, que l'on a eu la précaution de choisir, d'un côté du méridien, des angles horaires à peu près égaux à ceux qui ont été pris de l'autre côté; ou qu'on a rendu la somme des carrés de tous les angles horaires orientaux presque égale à la somme de tous les angles horaires occidentaux. Dans ce cas, les hauteurs prises avant la culmination donneront une latitude trop grande, quand celles prises après la culmination offriront une latitude trop petite, et il arrivera que les erreurs commises dans les changements de hauteurs supposés, se détruiront mutuellement. Chaque fois que l'on ne connoît pas bien l'état du chronomètre, il est dangereux de déduire la latitude de hauteurs dont les orientales ont été beaucoup plus éloignées

du moment de la culmination que les occidentales. Ce n'est pas par le nombre des observations, c'est par leur disposition symétrique autour du méridien, qu'on diminue l'effet des erreurs qui se glissent dans le calcul des changemens de hauteurs : même dans le cas où l'on seroit sûr de l'état et de la marche du chronomètre, il est souvent difficile de connoître, à une seconde près en temps, le moment du contact optique des deux limbes ; et par rapport au calcul, il est indifférent que l'erreur commise affecte l'instant de l'observation, ou bien l'angle horaire indiqué par le chronomètre.

J'ai nommé, dans le cours de cet ouvrage, *hauteurs près du méridien*, seulement celles qui ne sont éloignées de la culmination que de dix minutes en temps ; lorsque les hauteurs avoient été prises à de plus grandes distances du méridien, je les ai calculées d'après la formule donnée ci-dessus, en conservant de l'angle horaire et de la déclinaison de l'astre : j'ai d'ailleurs eu soin d'indiquer constamment l'influence qu'exerçoit l'angle horaire sur la latitude.

En agissant d'après ces principes, il s'est introduit une légère irrégularité dans l'exposé des calculs. On a indiqué le changement de hauteurs et la hauteur méridienne, lorsqu'il est question de *hauteurs près du méridien* ; si, au contraire, les hauteurs ont été prises à de grandes distances du méridien, on a ajouté aux tableaux l'angle horaire de l'astre et la hauteur du pôle. Dans les deux cas, on pourra, d'après ces données, retrouver facilement le temps de la culmination.

Je n'ai cru devoir rendre compte ici que des méthodes que j'ai employées dans le cours de cet ouvrage pour fixer la latitude des lieux. Un grand nombre d'autres méthodes se trouvent indiquées dans la *Base du système métrique* de M. Delambre, dans les *Méthodes analytiques* du même savant, dans l'ouvrage de M. Bohnenberger ¹, et surtout dans le journal de M. de Zach, qui réunit tout ce qui peut contribuer aux progrès de l'astronomie et des sciences qui en dépendent.

II. DÉTERMINATION DE LONGITUDE.

Quelque grande que soit, même après l'invention des cerces répéteurs, la difficulté de fixer la latitude d'un lieu avec une précision de deux ou de trois secondes, la détermination des longitudes offre un problème bien plus compliqué : la solution complète de ce problème a été réservée au dix-huitième

¹ *Anleitung zur geographischen Ortsbestimmung*, 1795. On ne sauroit avec recommander aux marins le *British mariner's Guide* de M. Maskelyne, et les ouvrages précieux de M. Mendoza, qui ont pour titres : *Tratado de navegacion* (16. Vol.) ; *Tables for facilitating the calculations of nautical astronomy* (1801) ; et *A complete Collection of tables* (1805).

siècle. Dans le dix-septième, *Peyresc* et *Gassendi* trouvoient une erreur de 500 lieues dans l'étendue de la mer Méditerranée, depuis Marseille jusqu'à Alexandrie. *Guillaume Delisle* se vit obligé de raccourcir l'Asie de plus de 24 degrés¹.

Vers ce temps, les académiciens publièrent une carte critique de la France, par laquelle ils prouvèrent combien les résultats d'observations astronomiques différoient des positions marquées sur les cartes de Sanson. *Doppelmayer* ajouta à son Atlas céleste, une carte, sous le titre de *Basis recentioris Geographiæ astronomicæ*, d'après laquelle il n'y avoit en 1741, sur toute la terre, que 139 lieux déterminés astronomiquement. Le célèbre astronome *Mayer*² dressa une carte critique de l'Allemagne, qui présente les doutes que l'on avoit de son temps sur les positions des villes les plus considérables. Pour prouver l'imperfection des déterminations géographiques, il n'est pas nécessaire de remonter si haut : nous avons démontré, dans le second volume de cet ouvrage, que le degré mesuré au Pérou doit être reculé vers l'ouest de 50 minutes en arc. Les cours de rivières, la configuration des côtes, toute la géographie de l'Amérique ont changé de face depuis vingt ans, et le défaut de bonnes déterminations astronomiques se fait sentir, non seulement dans les cartes de la Perse et de l'Asie centrale, mais encore dans celles de la partie orientale de l'Europe. Le géographe parcourt des espaces de plusieurs degrés, avant de trouver un point dont la position ait été fixée par des moyens astronomiques.

Les méthodes propres à déterminer les longitudes terrestres peuvent être divisées en deux classes, les premières sont fondées sur des observations célestes qui demandent une réduction préalable au centre de la terre ; les secondes sont celles qui n'exigent aucune réduction relative à la parallaxe.

¹ Zach's Geographische Ephemeriden, I Band., p. 20.

² Germanix atque in ea locorum principaliorum Mappa critica, etc. Noribergæ, 1750.

Je m'occuperai d'abord des phénomènes célestes qui sont assujétis à la parallaxe, savoir :

- 1) Les distances de la lune au soleil, aux planètes et aux étoiles fixes.
- 2) Les éclipses de soleil et les occultations des étoiles et des planètes par la lune.
- 3) Les passages des planètes inférieures sur le disque du soleil.
- 4) Les ascensions droites de la lune et les angles horaires de cet astre.
- 5) Les hauteurs de la lune.

Je traiterai dans la suite des phénomènes célestes qui ne sont pas affectés de l'effet de la parallaxe.

1. DISTANCES LUNAIRES.

C'est depuis le commencement du seizième siècle que l'on a conçu l'idée de déterminer les longitudes par le moyen des distances lunaires. *Jean Werner*¹, astronome allemand, est le premier qui en ait parlé dans son commentaire sur l'astronomie de Ptolémée.

Voici comment il s'exprime à ce sujet : « Sumitur per baculum astronomicum
 « in loco longitudinis ignotæ ad momentum cognitum distantia lunæ ab aliquo
 « sidere fixo, parum aut nihil ab ecliptica recedente. Ea distantia dividenda
 « est per motum lunæ horarium, et exhibet tempus conjunctionis lunæ cum eodem
 « sidere. Deinde elicienda est, ex tabulis, motus lunæ ejusdemque conjunctionis
 « tempus ad meridianum cognitæ longitudinis ; ipsa denique duo tempora
 « invicem conferendo, eorundem locorum differentia longitudinum innotescet. »

Cette méthode a été développée et perfectionnée par Gemma Frisius², Orontius Finæus³, Apianus⁴, Reinerus Gemma⁵, Nonius, et par d'autres savans de cette époque. Le grand *Kepler* l'avoit recommandée dans ses *Tabule Rudolphinæ*, ainsi que *Longomontanus* dans son *Astronomia danica*. Mais

¹ Joh. Vernerus, in Ptolemæi Geographiam.

² Liber cosmographicus Apianæ, per Gemmam Frisium.

³ Orontius Finæus, de Sphæra mundi.

⁴ Apiani Cosmographia.

⁵ Reineri Gemma Tractatus de annulo astronomico.

Astronomie.

l'application en étoit pour ainsi dire impossible, à cause des difficultés qu'on avoit alors à prendre exactement les distances, et à cause de l'imperfection des tables de la lune et des étoiles.

Cependant la détermination des longitudes en mer étoit un problème de la plus grande importance pour les navigateurs. Philippe III, roi d'Espagne, assigna le premier un prix pour cette découverte : les états-généraux des Pays-Bas, les François et les Anglois suivirent cet exemple.

*Jean-Baptiste Morin*¹, médecin françois, et professeur de mathématiques, se présenta au gouvernement françois pour demander le prix. Ne connoissant pas, à ce qu'il paroît, les travaux des astronomes qui avoient vécu avant lui, il adressa en 1634, au cardinal de Richelieu, un mémoire sur ses prétendues découvertes. La commission chargée de l'examiner, jugea d'abord que la méthode étoit bonne et applicable; mais dix jours après, *Pascal*, *Midorg*, *Boulanger*, *Beaugrand* et *Herigone* déclarèrent, en réponse à la question du cardinal : si l'invention de Morin étoit applicable, tant sur mer que sur terre : « *Tantum abest* » ut eam astinamus propriam quæ possit afferre aliquam utilitatem navigationi, » observationibus super mari, ut e contra ejus praxin super terra censeamus » difficillimam, ne dicamus impossibilem. »

Les procédés de calcul de Morin n'avoient aucun défaut essentiel; mais il auroit dû s'apercevoir que sa méthode n'avoit aucune utilité pratique, soit à cause de l'imperfection des tables de la lune et des étoiles, soit à cause de l'imperfection des instrumens. Cependant, quelques années après, l'invention de Morin fut favorablement accueillie par le cardinal Mazarin, qui donna à son auteur une pension de 2000 livres.

*Saint-Pierre*², compatriote de Morin, fut moins heureux que ce dernier : il se rendit, en 1675, à Londres, et demanda la récompense promise par le gouvernement anglois. Sa méthode fut examinée par une commission de savans : *Flamstedt* remit à Saint-Pierre les données pour la solution du problème; mais Saint-Pierre ne trouvant point de résultat satisfaisant, prétendit que les données de Flamstedt étoient inexactes : celui-ci en convint, mais il déclara, qu'aussi long-temps qu'on négligerait de perfectionner les tables de la lune et les catalogues des étoiles, aucune méthode ne donnerait un résultat certain.

¹ *Longitudinum terrestrium Scientia*, etc., Paris 1634, in-4.^o.

² V. Zach, *Allgemeine geographische Ephemeriden*, Band I, p. 29.

Cet événement, indifférent pour l'époque d'alors, est devenu important par ses suites, puisqu'il a donné lieu à l'établissement du célèbre observatoire de Greenwich.

Avec *Newton* commence une nouvelle époque pour les sciences astronomiques et géographiques. A peine ce grand homme eut-il terminé sa théorie de la lune, qu'il chercha à en tirer parti pour les progrès de la navigation : il s'appliqua en même temps à perfectionner les instrumens, et il présenta en 1699, à la société royale, le projet d'un instrument nouveau, dont l'objet étoit de remédier aux inconvéniens qui résultent des mouvemens du vaisseau. J'ignore pourquoi l'idée de *Newton* n'a pas été réalisée, car en 1710, *Halley*, au défaut d'instrumens propres à mesurer les distances angulaires entre la lune et le soleil, fut encore obligé de se borner aux seules occultations des étoiles, pour déterminer les longitudes.

Vingt-un ans plus tard, *John Hadley* fit construire le premier sextant à réflexion, dont l'invention appartenoit à *Newton* : c'est avec ce nouvel instrument qu'il fit de nombreuses observations. Dans un mémoire présenté à la société royale en 1731, il prétendit pouvoir déterminer les longitudes sur mer, à moins d'un degré; et il chercha à justifier cette assertion par un grand nombre de distances lunaires prises à l'observatoire de Greenwich¹.

Je n'examinerai point ici si *Amerigo Vesputi* et *Martin Behaim* ont eu recours aux distances de la lune pour diriger leurs vaisseaux, comme quelques historiens l'ont assuré : s'ils ont pris des distances lunaires, il est probable qu'elles ne leur ont pas servi pour trouver la longitude. Ce qui est plus certain, c'est que le navigateur anglois, *William Baffin*², s'est servi des observations lunaires : le 26 juin 1615, lorsqu'il voyageoit pour découvrir le prétendu passage du nord-ouest, il observa la lune au moment où elle se trouvoit sur une même ligne avec *Regulus* et une autre étoile. Il prit en même temps la hauteur d'une étoile pour en déduire le temps vrai de son observation. Cependant *Baffin* avoue lui-même que ce moyen ne l'avoit pas satisfait; et, par cette raison, il passe sous silence toutes les autres observations du même genre.

*Fuillée*³ paroît être le premier qui ait mesuré réellement des distances de la lune aux étoiles, pour en déduire les longitudes. Il observa, le 26 juin

¹ Philosophical Transactions, etc., for the year 1731, p. 485.

² Purchas his Pilgrims, Part. III., p. 839 et suiv.

³ Journal d'Observations astronomiques, etc., Tom. I, p. 180 et suiv.

1708, la distance entre le bord éclairé de la lune et l'Épi, et en conclut, à l'aide des tables de Cassini, le lieu de son vaisseau; qu'il ne trouva différent de celui indiqué par l'estime, que de 48 minutes en arc. « Cette longitude, » écrivit dès lors Feuillée, « ne mérite quelque confiance qu'autant que les » observations sont très-exactes et les instrumens sans défaut : encore est-on » obligé de faire des calculs assez compliqués; ce qui n'empêche pas que cette » manière de trouver les longitudes ne soit importante; et elle doit être recom- » mandée aux marins, puisqu'elle leur sert en quelque sorte à rectifier l'estime » de la marche du vaisseau. »

Cependant, les marins firent si peu d'usage des distances lunaires, que *La Caille*¹, qui s'étoit servi de cette méthode avec succès pendant son voyage au cap de Bonne-Espérance, fut obligé de la leur recommander encore en 1759. Vers le même temps, le célèbre *Mayer* envoya à la commission des longitudes à Londres, des tables de la lune construites d'après la théorie de Newton : elles devoient servir à trouver, au moyen des distances lunaires, le lieu d'un vaisseau, plus exactement qu'on n'avoit pu le faire jusqu'alors par les anciennes tables.

Bradley fut chargé de comparer les tables de Mayer avec l'état du ciel, et parmi les 1730 observations qu'il fit à cet effet, il n'en trouva pas une qui différât de ces tables de plus d'une minute et demie. Il déclara donc qu'elles étoient propres à donner les longitudes à moins d'un degré, en supposant que les distances de la lune puissent être mesurées sur mer avec assez d'exactitude². Quatre ans plus tard, *Bradley* envoya à l'amirauté une série d'observations faites par le capitaine *Campbell*³, à la hauteur d'Ouessant, au moyen d'un sextant de *Hadley*. Une nouvelle comparaison de ces observations avec les tables de Mayer, confirma l'exactitude de ces dernières; car les plus grands écarts du terme moyen de toutes les observations étoient de + 23' et - 37' en arc⁴: *Bradley* pensoit donc que les observations étant exemptes d'erreurs, ces tables pourroient donner les longitudes à un demi-degré près.

Mais le travail de Mayer, avant de recevoir l'approbation du comité des longitudes, fut soumis à une épreuve très-sévère. *M. Maskelyne*⁵ fit son voyage mémorable aux îles de Sainte-Hélène et de la Barbade : il observa, aussi

¹ Mémoires de l'Académie des Sciences, pour 1759, pag. 63, fig. 9.

² Tabule motuum solis et lune, auctore Tobia Mayer, edit. 1770, p. 119.

³ L. c., p. 111.

⁴ L. c., p. 116.

⁵ L. c., p. 117.

souvent que les circonstances le lui permirent, les distances de la lune au soleil et aux étoiles; il compara les résultats obtenus avec les données des tables de Mayer, et détermina, d'après elles, le cours du vaisseau. Lors de son arrivée à Sainte-Hélène, il trouva que sa longitude calculée ne différoit de la véritable que d'un degré. A son retour, il fut à même de déterminer la longitude de l'île de *Wight*, à seize minutes près en arc : il en conclut que, dans tous les temps, les tables de Mayer donneroient exactement les longitudes sur mer, à un degré près.

M. Maskelyne s'occupa dès lors à faire adopter partout sa méthode lunaire, qui venoit d'être approuvée par le bureau des longitudes de Londres; il publia la manière dont il avoit calculé la distance de la lune au soleil et aux étoiles; il indiqua des moyens pour perfectionner le sextant de Hadley; et le 9 février 1765, la commission des longitudes ordonna de publier annuellement un *Almanach nautique*, et accorda aux héritiers de Mayer une récompense de 5000 livres sterling.

En 1767 parurent pour la première fois, dans le *Nautical Almanac*, les distances lunaires calculées pour le méridien de Greenwich; et sept ans plus tard, Lalande les admit dans la *Connaissance des temps*. Depuis lors, l'usage des distances de la lune a été généralement adopté par les François et les Anglois. *Chabert*, *Borda*, *Niebuhr*, *Lord Mulgrave* et le célèbre *Cook* s'en sont servi utilement pour augmenter nos connoissances géographiques.

Cette méthode resta cependant inconnue dans d'autres pays. *Piibo Steenstra*¹, professeur de navigation à l'athénée d'Amsterdam, en parle encore, en 1770, comme d'une chose peu importante. En 1779, la société des savans d'Utrecht proposa un prix pour le meilleur mémoire sur la détermination des longitudes par des distances lunaires, et ce ne fut qu'en 1787 que la commission des longitudes de Hollande publia le premier *Almanach nautique*, avec une dissertation sur la manière de trouver les longitudes au moyen des distances lunaires. Depuis ce temps, l'application de la méthode lunaire est devenue plus générale chez les Hollandois, et chez d'autres peuples du nord.

On abandonna d'abord l'usage des sextans à réflexion aux marins, comme si les distances lunaires ne pouvoient intéresser qu'eux. Cependant *Chabert* et *Cook* avoient déterminé, par ce moyen, la position d'un grand nombre de lieux où ils avoient abordé. *Niebuhr*, en Égypte, et *Ludlam*, à Cambridge, avoient pris des distances de la lune au soleil et aux étoiles, pour connoître

¹ *Openbare Lessen, over het vinden der langte op Zee, etc.*, in-8.

la longitude de leurs observatoires. Mais les astronomes d'Europe ayant à leur disposition des instrumens plus parfaits, ils ne regardèrent les observations de sextant que comme de simples approximations. Le père *Hell* y avoit même si peu de confiance, qu'il voulut dissuader M. Niebuhr de se servir de distances lunaires pendant son voyage en Arabie et en Égypte.

Depuis cette époque, M. de *Zach* a introduit l'usage du sextant dans les observations terrestres, et a singulièrement contribué par là aux progrès de nos connoissances géographiques. Ce savant a fait voir, par un grand nombre d'exemples, qu'on peut déterminer avec beaucoup de précision, au moyen de cet instrument, non-seulement la latitude, mais aussi la longitude d'un lieu. Les premiers astronomes se sont rangés à son opinion, et ont rectifié, depuis ce temps, la position d'un grand nombre de lieux, qui, sans ce genre d'observations, seroit restée incertaine.

Soit *a* la hauteur apparente de la lune, et *A* sa hauteur vraie; *b* la hauteur apparente de l'astre auquel on compare la lune, et *B* sa hauteur vraie; *d* la distance apparente, et *D* la distance vraie cherchée; nous aurons, d'après M. *Delambre*,

$$\cos. D = \frac{a \cos. S \cos. \left(\frac{S-d}{2} \right) \cos. A \cos. B}{\cos. a \cos. b} \rightarrow \cos. (A+B)$$

S étant = *a* + *b* + *d*.

Borda introduisit un angle auxiliaire de plus; mais la formule que l'on déduit de la simple résolution des triangles me semble plus commode, parce que, d'après l'arrangement des tables dont on se sert communément, on trouve moins vite, par interpolation, l'angle qui correspond au logarithme d'une ligne trigonométrique, que le nombre qui appartient à un logarithme donné.

Cette formule, comme toute autre, suppose l'angle au zénith *z* (Pl. 1, fig 1) invariable: mais cette supposition n'est pas exacte, à cause de la forme non sphérique de la terre; car la ligne qui joint le centre de la terre et le lieu de l'observateur, ne coïncide pas avec la verticale de ce même point, ce qui produit un changement, non-seulement dans l'azimut de la lune, mais aussi dans la parallaxe de la hauteur.

Cependant, on peut tenir compte de ce changement, si, d'après *Mayer*, on fait la parallaxe de hauteur = *p* cos. *a* = *e* *p* sin. 2 *φ*, sin. *a* cos. *a*, et si, de plus, on a égard à la parallaxe azimutale de la lune.

Dans le triangle $l'xs'$ il y a :

$$\cos. l'xs' = \frac{\cos. d - \sin. a \sin. b}{\cos. a \cos. b}.$$

Si on considère d et $l'xs'$ comme variables, on a :

$$-\sin. l'xs' \Delta l'xs' = \frac{\Delta d \sin. d}{\cos. a \cos. b}$$

$$\Delta d = \left(\frac{\cos. a \cos. b \sin. l'xs'}{\sin. d} \right) \Delta l'xs'.$$

Mais $\Delta l'xs'$ est égal à la parallaxe azimutale de la lune, puisque la parallaxe azimutale du soleil peut être regardée comme nulle. En substituant pour $\Delta l'xs'$, sa valeur $\frac{ep \sin. a \sin. a}{\cos. A}$, on aura :

$$\Delta d = \left(\frac{\cos. a \cos. b \sin. l'xs' \sin. a \sin. a}{\sin. d \cos. A} \right) ep,$$

où a représente l'azimut, p la parallaxe horizontale de la lune, et e l'aplatissement de la terre. L'angle $l'xs'$ est la différence entre l'azimut de lune et celui de l'astre avec lequel on le compare.

Comme la parallaxe azimutale devient toujours plus grande, à partir de midi, on distinguera facilement les cas où Δd est positif ou négatif : car, si la lune et l'astre sont placés de différens côtés du méridien, ou si, se trouvant du même côté, la lune est la plus éloignée du méridien, ep prend le signe négatif.

Mais cette formule suppose la connoissance des azimuts, que l'on n'observe pas ordinairement. Il est vrai qu'on pourroit les calculer ou les trouver par le moyen d'un globe céleste. Dans tous les cas, la méthode de correction de Borda semble présenter des avantages réels, puisqu'on peut la réduire en tables par un moyen fort simple.

La figure de la terre n'influe pas seulement sur la parallaxe de hauteur ; elle modifie aussi la réfraction, en altérant la hauteur des astres dont on mesure la distance : mais ce changement de réfraction, produit par la figure non sphérique de la terre, peut être regardé comme insensible, et il suffit d'avoir égard à la parallaxe seule.

Soit donc v la différence entre la hauteur vraie et la hauteur apparente de la lune, ou $A - a = v$, la différence entre la hauteur vraie et la hauteur apparente du soleil ou de l'étoile, $b - B = w$;

L'angle que forme, au centre de la lune, l'arc qui correspond à la distance mesurée avec la verticale de la lune;

S l'angle analogue dans l'autre astre ;

Et l'on aura, d'après la formule connue de Maskelyne, la correction de la distance mesurée $D \pm d = d - v \cos. L + w \cos. S + v w \operatorname{cosec}. d L \sin. S + \frac{1}{2} v^2 \cotang. d \sin.^2 L + \frac{1}{2} w^2 \cotang. d \sin.^2 S$,

$$\text{ou } \cos. L = \frac{\cos. b - \cos. d \sin. a}{\sin. d \cos. a}, \cos. S = \frac{\sin. a - \cos. d \sin. b}{\sin. d \cos. b}.$$

Les termes où se trouvent les produits ou les carrés de v et w étant insensibles, on fera le changement de la parallaxe horizontale de la lune $= \Delta p$: par conséquent, le changement de la parallaxe de hauteur $= \Delta p \cos. a$.

$$\Delta D = \Delta p \left(\frac{\sin. b - \cos. d \sin. a}{\sin. d} \right) - p \left(\frac{\Delta b \cos. b - \Delta a \cos. d \cos. a}{\sin. d} \right).$$

Or, faisant α = l'azimut de la lune, α' = l'azimut du soleil ou de l'étoile, n = l'angle de la verticale, M = la déclinaison de la lune, N = la déclinaison du soleil ou de l'étoile, l'on aura :

$$\Delta a = n \cos. \alpha = n \left(\frac{\sin. M - \sin. \phi \sin. a}{\cos. \phi \cos. a} \right)$$

$$\Delta b = n \cos. \alpha' = n \left(\frac{\sin. N - \sin. \phi \sin. b}{\cos. \phi \cos. b} \right);$$

par conséquent,

$$\begin{aligned} \Delta D &= \Delta p \left(\frac{\sin. b - \cos. d \sin. a}{\sin. d} \right) + p n \left(\frac{\sin. N \cos. b - \sin. \phi \sin. b \cos. b}{\cos. \phi \cos. b \sin. d} \right) \\ &\quad - \left(\frac{\sin. M \cos. d \cos. a - \cos. d \cos. a \sin. \phi \sin. a}{\sin. d \cos. \phi \cos. a} \right) \\ &= \Delta p \left(\frac{\sin. b - \cos. d \sin. a}{\sin. d} \right) + p n \left(\frac{\sin. N - \sin. \phi \sin. b - \sin. M \cos. d + \cos. d \sin. \phi \sin. a}{\cos. \phi \sin. d} \right) \\ &= \Delta p \left(\frac{\sin. b - \cos. d \sin. a}{\sin. d} \right) - p n \operatorname{tang.} \phi \left(\frac{\sin. b - \cos. d \sin. a}{\sin. d} \right) \\ &\quad + p n \left(\frac{\sin. N - \sin. M \cos. d}{\cos. \phi \sin. d} \right) \\ &= (\Delta p - p n \operatorname{tang.} \phi) \left(\frac{\sin. b - \cos. d \sin. a}{\sin. d} \right) + p n \left(\frac{\sin. N - \sin. M \cos. d}{\cos. \phi \sin. d} \right). \end{aligned}$$

Mais $n = e \sin. 2 \phi = 2 e \sin. \phi \cos. \phi$, et $\Delta p = p e \sin. 2 \phi$, e étant l'aplatissement de la terre¹; par conséquent,

$$\Delta D = -(-p e \sin. 2 \phi + 2 p e \sin. 2 \phi) \left(\frac{\sin. \delta - \cos. d \sin. \alpha}{\sin. d} \right) \\ + 2 p e \sin. \phi \left(\frac{\sin. N - \sin. M \cos. d}{\sin. d} \right),$$

ou

$$\Delta D = -p e \sin. 2 \phi \left(\frac{\sin. \delta - \cos. d \sin. \alpha}{\sin. d} \right) \\ + 2 p e \sin. \phi \left(\frac{\sin. N}{\sin. d} - \sin. M \cotang. d \right).$$

C'est la démonstration de la formule de *Borda*², d'après laquelle il faut ajouter, à la parallaxe équatoriale de la lune, $p e \sin. 2 \phi$, et calculer, au moyen de cette parallaxe, la distance géocentrique, et y ajouter encore la quantité algébrique $2 p e \sin. \phi \left(\frac{\sin. N}{\sin. d} - \sin. M \cotang. d \right)$.

M. *Bohnenberger*³, pour dégager la distance géocentrique de l'influence de l'aplatissement de la terre, propose un autre moyen : on transforme d'abord les hauteurs calculées des astres en hauteurs apparentes, ayant égard à la réfraction seule et non à la parallaxe; et au moyen de ces hauteurs, on calcule la distance des astres, qui, par conséquent, ne sera dégagée que de l'effet de la réfraction. On cherche par la latitude corrigée ($\phi - n$), les hauteurs vraies des astres et leur parallaxe, et l'on trouve, au moyen de ces hauteurs vraies et de la distance dégagée de l'influence de la réfraction, la véritable distance géocentrique, telle qu'elle correspond au centre du sphéroïde.

MM. *Tempelhoff*, *Legendre* et *Mendoza* ont donné des formules semblables, pour faire aux distances observées les corrections dépendantes de l'aplatissement de la terre⁴.

¹ Tabulæ motuum solis et lunæ, auctore T. Mayer, édit. 1770, p. CII. Euler, Acta Academiæ Petropolitanae, pro anno 1779, Pars II. Bode's Astron. Jahrbuch, flür 1783.

² Description et usage du cercle de réflexion, p. 82.

³ Anleitung zur geographischen Ortsbestimmung, p. 453.

⁴ Bode's Astron. Jahrbuch, für 1783. Mémoires de l'Institut, T. VI. Philosophical Transactions, for the year 1797.

Lorsqu'on a mesuré une série de distances de la lune au soleil ou aux étoiles, on se contente ordinairement de diviser la somme des temps et des angles observés, par leur nombre, et l'on suppose ensuite que ces moyennes se correspondent; mais comme les éléments de réduction croissent ou diminuent inégalement dans des intervalles égaux, il s'ensuit que cette méthode conduit à des résultats plus ou moins erronés, selon les circonstances. Les marins peuvent cependant l'adopter sans crainte, parce que les erreurs des observations faites sur mer sont généralement plus grandes que celles qui résultent de la cause que nous venons d'indiquer.

Si l'on prend les moyennes des distances et des temps, et que l'on calcule toutes les distances en un seul groupe, on se prive de l'avantage de distinguer les bonnes observations de celles qui sont moins certaines, et une seule erreur qu'on auroit commise, soit dans l'indication des temps, soit dans la mesure des angles, rend défectueuse toute la série des observations. La comparaison des distances avec les intervalles des temps, fait juger de l'exactitude de l'observation, et par conséquent du degré de confiance que mérite la série totale; rarement cependant on pourra reconnoître, par ce moyen, quelles sont les observations erronées.

Ces remarques, qui se présentent d'elles-mêmes, peuvent aussi s'appliquer à l'usage du cercle de réflexion de Borda. En se servant de cet instrument, on a coutume de ne tenir compte que de la dernière lecture, tandis qu'il seroit plus prudent d'écrire chaque double angle, afin de pouvoir juger de la bonté des observations par la marche des angles. J'ai eu occasion d'examiner un grand nombre d'observations faites avec des cercles répéteurs, et j'ai été confirmé dans l'opinion que le défaut d'accord qui s'y trouve provient le plus souvent de quelque observation très-défectueuse. Une distance de la lune au soleil, prise six fois le même jour, m'a présenté des différences de 11, 26, 28, 51 minutes en arc. On auroit facilement reconnu la cause de ces grandes discordances, si, au lieu de se contenter de la dernière lecture, on avoit eu égard aux angles partiels intermédiaires.

C'est d'après ces considérations que j'ai calculé moi-même, d'après la formule de M. Delambre, chaque angle apparent du soleil et de la lune correspondant aux observations de M. de Humboldt; mais j'avoue que je serois arrivé bien plus promptement au but, et avec le même degré de certitude, si je m'étois servi de la méthode abrégée que j'ai publiée dans les Ephémérides de Berlin, pour l'année 1810.

Pour transformer les distances vraies en distances apparentes, *Mayer* propose

une méthode d'après laquelle il se sert des parallaxes de longitude et de latitude de la lune; mais comme pour tenir compte en même temps de l'effet de la réfraction, cet astronome célèbre s'est vu obligé d'introduire deux angles auxiliaires, sa méthode est très-compiquée et ne présente aucun avantage réel.

M. Bürg¹ est parvenu à abréger la méthode de Mayer, en se servant des parallaxes azimutales et de hauteur, ce qui le dispense d'introduire des angles auxiliaires; il détermine, pour trois instans quelconques, et pour deux hypothèses de longitude, les distances apparentes, au moyen des tables, ce qui lui fait trouver les distances pour tous les temps des observations au moyen d'une simple interpolation.

M. Klügel² a voit proposé une méthode semblable.

M. de Lindenau³ conseille de déterminer le changement qui correspond à chaque intervalle de temps donné, et de réduire ensuite toutes les distances apparentes à un seul instant. Par ce moyen, on parvient à reconnaître les observations qui sont incertaines, et l'on n'est obligé de calculer les distances géocentriques que pour ce seul temps donné.

Dans la méthode que j'ai proposée dans les *Éphémérides* de Berlin, pour l'année 1810, il s'agit de trouver, pour trois instans qui renferment la série des observations, et qui sont très-rapprochés les uns des autres, les différences entre les distances vraies et les distances apparentes. Comme cette méthode n'est pas rigoureuse, je commencerai par examiner d'abord quelle est l'influence qu'ont sur la distance géocentrique de petites erreurs dans les observations et dans les élémens du calcul. En supposant que la longitude et la latitude de l'astre aient été corrigées par des observations faites à la même époque, on peut craindre des erreurs dans les hauteurs vraies, dans la réfraction, dans la parallaxe horizontale, et dans la mesure de la distance apparente. Les formules suivantes indiquent l'influence de ces divers élémens sur la distance vraie.

1) Influence d'une petite erreur commise dans l'observation de la distance apparente.

En différenciant l'équation fondamentale, $\cos. d \cos. A \cos. B - \sin. a \sin. b \cos. A \cos. B - \cos. D \cos. a \cos. b + \cos. a \cos. b \sin. A \sin. B = 0$, par rapport à d et D , nous aurons :

¹ Zsch, *Monatliche Correspondenz*, B. IV, S. 651.

² Bode's *Jahrbuch*, für 1790, S. 213.

³ Zsch, *Monatliche Correspondenz*, B. XIII, S. 29.

$\cos. A \cos. B \sin. d \Delta d - \cos. \alpha \cos. b \sin. D \Delta D = 0$; par conséquent,

$$\Delta D = \left(\frac{\cos. A \cos. B \sin. d}{\cos. \alpha \cos. b \sin. D} \right) \Delta d,$$

équation qui nous apprend que ΔD et Δd sont sensiblement égaux.

2) Influence d'une petite erreur commise dans la hauteur de la lune.

En différenciant l'équation fondamentale, par rapport à A , α et D , nous aurons :

$$-\sin. A \cos. B \cos. d \Delta A + \sin. \alpha \sin. b \cos. B \sin. A \Delta A - \cos. \alpha \sin. b \cos. A \cos. B \Delta \alpha + \sin. D \cos. \alpha \cos. b \Delta D + \cos. D \sin. \alpha \cos. b \Delta \alpha + \cos. \alpha \cos. b \cos. A \sin. B \Delta A - \sin. \alpha \cos. b \sin. A \sin. B \Delta \alpha = 0.$$

Supposons $\Delta A = \Delta \alpha$, ce qui peut se faire sans une erreur sensible, et mettons, dans les second et troisième termes de cette équation, A au lieu de α , et B au lieu de b , nous obtiendrons :

$$-\sin. A \cos. B \cos. d \Delta A + \sin. D \cos. \alpha \cos. b \Delta D + \cos. D \sin. \alpha \cos. b \Delta \alpha + \sin. \alpha \sin. b \cos. b \sin. A (\Delta A - \Delta \alpha) + \cos. \alpha \cos. b \cos. A \sin. B (\Delta A - \Delta \alpha) = 0.$$

$$\Delta D = \left(\frac{\cos. d \sin. A}{\sin. D \cos. \alpha} - \cotang. D \tang. \alpha \right) \Delta A,$$

ou bien

$$\Delta D = \tang. \alpha \left(\frac{\cos. d}{\sin. D} - \cotang. D \right) \Delta A.$$

Mais $\frac{\cos. d}{\sin. D}$ sera à peu près égal à $\cotang. D$: d'où l'on peut conclure qu'une petite erreur commise dans la hauteur de la lune ne changera que fort peu sa distance géocentrique aux astres.

3) Influence d'une petite erreur commise dans la hauteur de l'astre dont on mesure la distance à la lune.

En substituant, dans l'équation fondamentale, α et A à la place des quantités respectives b et B , l'on a :

$$\Delta D = \tang. b \left(\frac{\cos. d}{\sin. D} - \cotang. D \right) \Delta B.$$

- 4) Influence d'une petite erreur commise dans le calcul de la parallaxe horizontale de la lune.

Nous avons trouvé ci-dessus, pour l'angle à la lune L , $\cos. L = \frac{\sin b - \cos. d \sin. a}{\sin. d \cos. a}$,

la correction de la distance apparente, $\gamma = -p \cos. a \cos. L$ (assez exactement)

$$\Delta \gamma = \Delta D = -\Delta p \left(\frac{\sin. b}{\sin. d} - \cotang. d \sin. a \right).$$

- 5) Influence d'une petite erreur commise dans le calcul de la réfraction.

- α) Pour la lune,

$$\Delta D = \left(\frac{\sin. b - \cos. d \sin. a}{\sin. d \cos. a} \right) \Delta f.$$

- β) Pour l'astre dont on mesure la distance à la lune,

$$\Delta D = \left(\frac{\sin. a - \cos. d \sin. b}{\sin. d \cos. b} \right) \Delta f.$$

Or, d'après ma *Méthode abrégée*, on choisit trois instans qui sont également éloignés les uns des autres, et qui renferment toute la série des observations : on cherche, pour ces trois instans, par interpolation, les hauteurs vraies et les distances apparentes, et l'on réduit ces trois distances, d'après la méthode ordinaire, au centre de la terre. Connoissant de cette manière, pour trois époques données, l'effet de la parallaxe et de la réfraction, on applique la même correction aux observations intermédiaires.

M. de Humboldt observa, le 16 mars 1803, dans la mer du Sud, les distances suivantes de la lune au soleil ¹.

TEMPS MOYENS, À BOGOTÉ DU VALLÉAL.			DISTANCES APPARENTES DES CENTRES.		
8 ^h	1'	39"	89°	29'	1",9
"	2'	50"		28'	31",9
	9'	10"		26'	46",9
	9'	51"		26'	41",7
13 ^h	3'			25'	11",6
	14'	54"		25'	1",6
	16'	6"		24'	36",5
	20'	13"		23'	1",4
	21'	9"		22'	56",4

¹ Bode's Jahrbuch, für 1810; S. 167.

Choisissons les temps $t, t', t'', 8^h 1' 14'', 8^h 11' 14'',$ et $8^h 21' 14''$; les angles correspondans $D, D', D'', 29', 89' 26', 89' 23'.$

Je substitue, pour $t, t', t'',$ les hauteurs apparentes du soleil et de la lune observées, et je trouve, pour les effets des parallaxes,

$$d - D, d' - D', d'' - D'' \text{ pour } \begin{cases} t, -23' 30'', 6. \\ t', -25' 33'', 7. \\ t'', -27' 38'', 8. \end{cases}$$

De là je tire les résultats suivans :

DISTANCES VRAIES DE LA LUNE AU SOLEIL.			LONGITUDE DU VAISSEAU.		
89°	5'	26'', 2	7 ^h 5'	11''	
	4'	41'', 6		5'	29''
	1'	58'', 4		5'	15''
	1'	25'', 0		5'	1''
88°	59'	2'', 7	5'	34''	
	58'	42'', 1		5'	24''
	58'	1'', 9		5'	52''
	55'	35'', 5		6'	18''
	55'	18'', 6		5'	55''

Termes moyen, $7^h 5' 31'',$ ou $7^h 5' 25'',$ en ne comptant pas la 8.^e observation.

M. de Humboldt, pendant le cours de son voyage, a observé généralement, non-seulement les distances, mais aussi les hauteurs des astres. J'ai préféré cependant, dans tous les cas, de calculer les hauteurs par les tables, plutôt que de les déduire des observations consignées dans le journal du voyageur. Ces dernières n'ont servi qu'à vérifier la détermination du temps, et à examiner le degré de confiance que mérite l'ensemble du travail.

En outre, le calcul des hauteurs de la lune m'a fourni un moyen très-simple pour vérifier la longitude. On conçoit qu'ayant déterminé les erreurs des tables du soleil et de la lune, les hauteurs calculées au moyen de ces tables, devoient s'accorder avec les hauteurs trouvées par l'observation, en supposant la réfraction exactement connue.

Je ne me suis pas servi des hauteurs de la lune pour en déduire directement les longitudes, parce que les observations de M. de Humboldt n'avoient pas été faites

dans ce but, et que, pendant le jour, la pâleur du disque lunaire, sous les tropiques, est augmentée par le reflet des horizons artificiels.

Le calcul par lequel je trouve l'effet de la parallaxe, peut aussi être appliqué à la méthode proposée par M. de Lindenau. Cet astronome cherche à connoître les changemens des distances apparentes et des temps intermédiaires. Une soustraction facile nous donne pour $t' - t : (d' - D') :: (d - D)$, et ainsi de suite : or, on connoît le changement de la distance géocentrique par les tables; par conséquent,

$$\frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{0 \text{ ou } \pm ((d' - D') :: (d - D))}{t' - t}.$$

Mais comme les élémens, dans des intervalles de temps égaux, croissent ou décroissent inégalement, on est obligé de calculer à part, pour chaque intervalle de temps, le rapport du changement de la distance apparente et du temps, ce qui prolonge nécessairement le calcul. En général, je pense que dans ce cas il faut mesurer les distances apparentes dans une série non interrompue. On pourroit placer le vernier sur une des divisions déterminées, comme, par exemple, de minute en minute; alors les intervalles, et d'autres circonstances, feroient juger si l'indication des temps renferme des erreurs considérables. L'observation entière peut être terminée dans une demi-heure, si on mesure douze ou quinze angles; mais en supposant même qu'elle exigeât une heure entière, on n'aura pas à craindre que la méthode que nous proposons donne lieu à des erreurs considérables, pourvu que les effets des parallaxes et de la réfraction soient calculés pour trois époques également distantes les unes des autres.

Au reste, tous les calculs de distances lunaires consignés dans cet ouvrage, ont été faits, comme nous l'avons observé plus haut, d'après la formule de M. Delambre, et en ayant égard à l'aplatissement de la terre. Je ne me suis servi de la méthode que je propose aux astronomes, que comme d'un moyen de vérification, et je puis assurer n'avoir jamais trouvé des résultats qui aient différé entre eux de plus d'une seconde en temps.

Pour faciliter le calcul des distances lunaires, MM. Maskelyne, Dunthorne, Euler, Fuss, Lyons, Lexell, Tempelhoff, Klügel, Borda, Delambre, Cagnoli, et plusieurs autres astronomes célèbres, ont donné des formules et des tables propres à faciliter les développemens numériques. Les tables de ce genre

les plus commodes sont celles qui ont été construites par *M. Mendoza y Rios*, officier de la marine espagnole, et publiées aux frais de l'amirauté angloise. Ce savant a rendu les plus grands services aux navigateurs, en leur offrant une méthode courte et facile; et c'est pour cela qu'il est important d'examiner les cas où ses tables peuvent donner des résultats qui ne sont pas suffisamment exacts.

Soit p la parallaxe horizontale de la lune, r' sa réfraction, et r la réfraction d'une étoile observée;

a la hauteur apparente de la lune;

A la hauteur vraie de la lune;

b la hauteur apparente de l'astre auquel on compare la lune;

B la hauteur vraie de cet astre;

d la distance apparente, et D la distance vraie; et nous aurons, d'après *M. Mendoza*:

$$\sin. \text{verse } D = \sin. \text{verse du supplément } (B + A) + \sin. \text{verse } (d + M + 60^\circ) + \sin. \text{versc } (d - M + 60^\circ) + \sin. \text{verse } (b + a + M - 60^\circ) + \sin. \text{verse } (a + b - M + 60^\circ) - 4;$$

$$\text{expression dans laquelle } \cos. M. = \frac{\cos. A \cos. B}{2 \cos. a \cos. b};$$

$$\text{mais } \log. \cos. M. = \log. \left(\frac{\cos. A}{2 \cos. a} \right) + \log. \left(\frac{\cos. B}{\cos. b} \right);$$

Soit B la hauteur vraie d'une étoile; nous aurons $B = b - r$, par conséquent,

$$\frac{\cos. b \cos. r + \sin. b \sin. r}{\cos. b} = \frac{\cos. (b - r)}{\cos. b};$$

r étant peu considérable, mettons $\cos. r = 1$, et r pour $\sin. r$;

$$\text{donc } 1 + r \text{ tang. } b = \frac{\cos. B}{\cos. b}.$$

En supposant que $r = 57''$ cotang. b (assez exact), nous obtiendrons:

$$\frac{\cos. B}{\cos. b} = 1 + \sin. 57'' = 1,0002765; \text{ donc}$$

$$\log. \left(\frac{\cos. B}{\cos. b} \right) = 0,000120 \dots \dots \dots$$

$$\log. \cos. M. = \log. \left(\frac{\cos. A}{2 \cos. a} \right) + 0,000120 \dots \dots \dots$$

² Connaissance des temps, pour 1808, p. 446 et suiv.

² Cette valeur change pour le soleil, à cause de sa parallaxe.

L'on détermine la valeur de A par a et p , car $A = a + p' - p'$ et $p' = p \cos. a$.

M. Mendoza cherche, au moyen de p et a , la valeur de l'angle auxiliaire M , car

$$\log. \cos. M = \log. \frac{\cos. \text{de l'angle}(a + p \cos. a - 57^{\circ} \cotang. a)}{2 \cos. a} + 0,000120 \dots$$

Cette expression est employée aussi dans la formule de Dunthorne.

Le calcul fait d'après les tables de M. Mendoza ; n'est rigoureusement exact que dans le cas où la température de l'air est identique avec la température moyenne, pour laquelle la table a été construite. M. Mendoza a donné lui-même une table auxiliaire pour faire des corrections lorsque les températures et la pression barométrique diffèrent de celles qui ont été supposées ; il conseille aux navigateurs d'employer le baromètre et le thermomètre, et de se servir de la table auxiliaire chaque fois qu'ils ont à corriger « des hauteurs peu considérables. »

Cette expression « des hauteurs peu considérables » est assez vague, je l'avoue ; car nous verrons bientôt qu'il est dangereux de négliger les changements de réfractions dans le calcul des distances, même pour des hauteurs de 30° à 40° . Dans ces cas, les changements peuvent s'élever à $7''$ et $10''$. Il arrive quelquefois, dans la région équinoxiale, qu'un navigateur observe des distances de 120° , les deux astres se trouvant des deux côtés du méridien, de manière que l'arc qui joint leurs centres passe très-près du zénith. Sous des circonstances si peu favorables, on peut commettre des erreurs de plus de dix minutes en arc, si l'on n'apporte pas la plus grande attention dans le calcul des réfractions.

Je dois observer d'abord que c'est justement en employant la table de correction de M. Mendoza, que l'on court risque de trouver des longitudes qui, selon que la température de l'air est très-élevée, ou que sa pression barométrique est très-petite (comme cela arrive sur les hautes montagnes), diffèrent des longitudes trouvées par le calcul direct, d'une ou de deux minutes en temps et même de plus.

La cause principale de cette erreur consiste en ce que M. Mendoza a

* A complete Collection of Tables, etc., edit. 1805, p. 5. Introd. of the Tables for facilitating, etc., edit. 1801, p. 7.

négligé de changer le numérateur de l'angle auxiliaire $\cos. M$, tandis qu'il a introduit un changement dans le $\sin.$ verse $(A + B)$.

Dans les observations faites par M. de Humboldt, sur le plateau du Mexique, à plus de 2000 mètres de hauteur, l'usage de la table auxiliaire de M. Mendoza auroit causé des erreurs de plusieurs *centaines* de secondes; elles auroient encore lieu, mais elles seront moins grandes si l'on calcule des observations faites sur mer. Il est important de prouver ce que nous venons d'avancer, tant par un développement algébrique, que par un exemple numérique.

M. Mendoza a donné une table qui sert à corriger la somme des hauteurs apparentes, par

$$a + b + p' - p' - f \text{ pour les étoiles,}$$

et par

$$a + b + p' - p' - f + \text{parall. de la haut. , pour le soleil.}$$

Il eût été à désirer que cet astronome eût donné une seconde table servant à corriger l'angle auxiliaire M .

D'après M. Mendoza, a et b (ou les hauteurs apparentes) ont été effectivement observées, de sorte que le dénominateur de l'expression analytique de $\cos. M$ est constant; mais A et B , et par conséquent la valeur de la fraction et celle de l'angle auxiliaire M , seront changées dans le cas où la température et la pression ne sont plus les mêmes que celles supposées dans les tables fondamentales.

Il s'agit, par conséquent, d'examiner quel changement éprouvera l'angle auxiliaire M , et la distance géocentrique D , en négligeant la correction due aux variations de l'atmosphère. Nous avons :

$$\cos. M = \frac{\cos. A \cos. B}{2 \cos. a \cos. b}.$$

M , A et B sont variables. En différenciant, nous aurons :

$$-\sin. M \Delta M = \frac{-\Delta A \sin. A \cos. B - \Delta B \sin. B \cos. A}{2 \cos. a \cos. b}.$$

mais B et b étant des quantités peu différentes entre elles, nous obtiendrons :

$$\Delta M = \frac{\Delta A \sin. A + \Delta B \cos. A \tan. B}{2 \cos. a \sin. M}.$$

et, avec une exactitude suffisante,

$$\Delta M = \frac{\Delta A \tan. A + \Delta B \tan. B}{2 \sin. M}.$$

Mais l'angle M est toujours à peu près de 60° , donc

$$\Delta M = \frac{\text{tang. } A \Delta A + \text{tang. } B \Delta B}{1,74},$$

$$\Delta M = 0,575 (\text{tang. } A \Delta A + \text{tang. } B \Delta B).$$

Si, en se servant des tables de *M. Mendoza*, la température de l'air et la pression barométrique ne sont pas celles que l'on a supposées dans la table des *réfractions moyennes*, on aura pour l'angle auxiliaire M :

$$M + \Delta M = M + (\text{tang. } A \Delta A + \text{tang. } B \Delta B) 0,575.$$

Voyons maintenant quel est le danger auquel on s'expose en négligeant les corrections relatives aux modifications de l'atmosphère. Nous ayons

$$\cos. D = 2 \cos. d \cos. M + 2 \cos. (a + b) \cos. M - \cos. (A + B).$$

Différencions, et nous aurons

$$-\Delta D \sin. D = -2 \cos. d \sin. M \Delta M - 2 \cos. (a + b) \sin. M \Delta M,$$

par conséquent,

$$\Delta D = \left(\frac{\cos. d + \cos. (a + b)}{\sin. D} \right) 2 \sin. M \Delta M,$$

et assez exactement

$$\Delta D = \left(\cotang. d + \frac{\cos. (a + b)}{\sin. d} \right) 2 \sin. M \Delta M$$

ou M étant toujours (à peu près) entre 60° et $60^\circ 30'$,

$$\frac{\Delta D}{\Delta M} = 1,74 \cotang. d + 1,74 \frac{\cos. (a + b)}{\sin. d} = 1,74 \left(\cotang. d + \frac{\cos. (a + b)}{\sin. d} \right).$$

Après avoir démontré l'influence de l'angle auxiliaire M sur la distance D , nous ajouterons quelques observations sur le risque que l'on court en négligeant les corrections de réfraction. Rappelons que

$$\Delta M = 0,575 (\text{tang. } A \Delta A + \text{tang. } B \Delta B)$$

expression dans laquelle A et B se rapportent à la même époque du temps; le coefficient dépendant des modifications de l'atmosphère est par conséquent le même pour les

^{*} C'est la formule de *Bunthorne*, de laquelle celle de *M. Mendoza* est dérivée, ou l'équation primaire de *Mendoza*. Voyez la *Connaissance des Temps* pour l'an V, p. 266.

denx hauteurs, et il faut constamment *sommer* tang. ΔA , et tang. $B \Delta B$, ce qui augmente le danger. Il résulte des observations de *Cook*, *Le Gentil* et *Marchand*, que la température sur mer s'élève ordinairement, sous les tropiques, à 20° ou 22° Réaumur. *M. de Humboldt* l'a trouvée dans la mer du Sud, au mois de mars 1803, souvent au delà de 25°. A *Acapulco*, le thermomètre montoit à 29° $\frac{1}{2}$ R. D'après *Le Gentil*, à Pondichéry, le thermomètre de Réaumur s'élève à l'ombre, à 30 pieds au-dessus du sol, lorsque les vents de terre soufflent, à 36 degrés pendant une grande partie des mois de mai, juin, juillet et août. Les nuits sont regardées comme fraîches et tempérées à Pondichéry (qui d'ailleurs n'est pas l'endroit le plus chaud de la côte de Coromandel), en comparaison du jour, et cependant leur température est encore de 22° à 23° R¹.

Il résulte de ces considérations que le coefficient qui appartient à la correction de la réfraction peut être quelquefois 0,93 et même 0,90, tandis que dans de hautes latitudes, par de grands froids, il peut s'élever jusqu'à 1,10.

Je ne crois pas pouvoir partager l'opinion de ceux qui ont avancé que, pour les hauteurs au-dessus de 40°, on peut négliger les corrections de température et de pression. Sous les tropiques, où le soleil et la lune se trouvent des deux côtés du méridien, les erreurs peuvent s'élever, par 24° R, de température, à $\frac{1}{4}$ à 5 minutes de longitude en arc, quoique la hauteur des astres soit de 41°; ces erreurs, je le répète, seront *triples*, si l'observation se fait sur le dos des Cordillères, à des hauteurs où la pression barométrique est très-petite.

Lorsqu'il s'agit de hauteurs peu considérables, tang. A et tang. B ne seront aussi que très-petites; mais ΔA et ΔB seront d'autant plus grandes. Si, au contraire, l'on prend des hauteurs très-considérables, ΔA et ΔB diminuent; mais les tangentes seront plus grandes. On voit, par conséquent, que ΔM peut s'élever à plusieurs secondes, ce qui causera une erreur assez forte dans la distance des astres².

Soit, par exemple, le coefficient relatif à la correction atmosphérique 0,94, a et b de 60°, nous aurons $\Delta A = 2^{\circ},01$, et $\Delta B = 2^{\circ},01$, donc $\Delta M = 4^{\circ},02$; car tang. 60° = 1,732. Si a et b étoient de 20°, nous aurions $\Delta M = 6^{\circ},6$.

¹ Voyage dans les mers de l'Inde, par *Le Gentil*, Tom. I, p. 35 et 477.

² La correction de l'angle auxiliaire M se réduit à 0,575 multiplié par le double de la réfraction à 45°, et multiplié par le secteur de la réfraction moyenne moins l'unité. Je lui ai laissé la première forme, parce que les tables nautiques ne donnent pas le nombre par lequel il faut multiplier les réfractions, mais directement la variation de la réfraction.

Considérons maintenant la seconde formule

$$\Delta D = \left(\cotang. d + \frac{\cos. (a + b)}{\sin. d} \right) 1,74 \Delta M.$$

On voit par la seule inspection que ΔM exerce la plus grande influence sur ΔD , et que cette influence est d'autant plus dangereuse, que la distance et les hauteurs apparentes sont plus petites. Il est aisé en même temps de concevoir pourquoi il est très-utile que $a + b$ soit plus grand que 90° , et que d soit ou 90° , on peu *au-dessous*; car $a + b + d$ est toujours *moindre* que 180° : et, dans ces cas, la seconde partie du facteur devient *négative*,

et $\cotang. d$ peu considérable (ou presque égale à $-\frac{\cos. (a + b)}{\sin. d}$).

Outre la correction qu'il faudra faire à la table auxiliaire de M. *Mendoza*, il seroit aussi très-important de l'étendre, parce que son usage influe puissamment sur l'exactitude des résultats. C'est à tort que dans cette table on n'a donné l'angle auxiliaire et les parties proportionnelles qu'en *secondes entières*, sans avoir ajouté les fractions de secondes.

Par exemple, à la page 47 du Recueil de M. *Mendoza*, l'on trouve $a = 10^\circ 10'$, $b = 22^\circ 49'$, $d = 16^\circ 39'$, $p = 58' 10''$, et l'angle $M = 12^\circ 9''$; mais avec ces *mêmes données* et par la *même table*, l'on obtient l'angle auxiliaire de $12^\circ 9' 5''$; par conséquent, la distance diffère de *cinq secondes*. Dans ce cas, le changement d'une seule seconde dans la valeur de M , produit une erreur de $10''$ dans la distance géocentrique; et si nous avions augmenté la parallaxe horizontale d'une seconde, en adoptant $58' 11''$, au lieu de $58' 10''$, il en seroit résulté l'angle auxiliaire $M = 12^\circ 6' + 3' + 1'' = 12^\circ 10''$, et la distance même trop grande d'environ $10''$. Ces erreurs naissent de la construction de la table XI, qui donne la valeur de l'angle M .

Comme les tables nautiques de M. *Mendoza* donnent les sinus versés de la distance, qui changent très-lentement pour les angles assez petits, le moindre changement de la valeur trigonométrique modifie la grandeur de l'arc même; et c'est pour cela que la correction de l'angle doit être calculée avec précision, à moins que l'on ne veuille s'exposer à des erreurs très-graves. Soit, par exemple, (voyez l'exemple numérique)

$a = 23^\circ 0' 0''$, $b = 28^\circ 10'$, $d = 25^\circ 10'$, $p = 60' 0''$, le coefficient de la correction due à la température et à la pression $C = 1,1$, nous aurons, d'après

la formule de M. *Delambre*, $D = 24^{\circ} 54' 45''\frac{1}{2}$, tandis que les tables de M. *Mendoza* donnent..... $24^{\circ} 55' 53''$.

Différence..... $0' 49''\frac{1}{2}$, ou à peu près $25'$ de longitude en arc.

Cette erreur est précisément égale à celle à laquelle on étoit exposé, il y a soixante ans, en calculant d'après les anciennes tables de *Mayer*.

Si, au contraire, nous corrigeons l'angle auxiliaire M par nos formules données ci-dessus, nous le trouverons plus grand de $8''$, et la distance sera de $24^{\circ} 54' 43''$ comme d'après le calcul rigoureux.

Ces mêmes considérations peuvent s'appliquer aux distances de la lune aux planètes, genre d'observations que, dans l'état actuel de l'astronomie, on ne sauroit assez recommander aux voyageurs. L'erreur à laquelle exposent les tables de M. *Mendoza*, devient d'autant plus grande que la distance observée est plus petite, et c'est précisément en mesurant la distance de la lune aux planètes que l'on obtient souvent des angles très-pen considérables; les planètes, à cause de leur éclat, étant susceptibles d'être observées, lorsqu'elles se trouvent dans le voisinage de la lune.

J'ajoute, à la fin de ces discussions, le développement numérique de l'erreur de la table auxiliaire. Je présente deux calculs dont l'un a été fait rigoureusement d'après la formule de M. *Delambre*, et l'autre d'après les tables nautiques de M. *Mendoza*; l'erreur de la longitude est de $1' 40''$ en temps. En général, pour éviter les erreurs que nous venons de développer, on pourroit ajouter aux tables de M. *Mendoza* une nouvelle table relative à la correction de l'angle auxiliaire M; étendre et rendre plus exacte la table X, qui donne l'angle auxiliaire pour la réfraction moyenne; et substituer à la table V, qui est empruntée du 1.^{er} Vol. des Observations de *Greenwich*, publié en 1776, la table donnée dans la Connaissance des Temps, 1816, p. 155, et qui est construite d'après la formule de M. La Place.

Haut. app. observée de la $\gamma = 23^{\circ} 0' = a$ par. hor. $\gamma = 60' 0''$ correct. atmosphér. 1,1
de l'étoile $28^{\circ} 10' = b$ vraie haut. $\gamma = 23^{\circ} 52' 44'' = R$, $2^{\circ} 50'' = R$, $1' 59''$

Distance appar. $25^{\circ} 10' = d$ vraie haut. $\gamma = 28^{\circ} 8' 1''$ p. de la haut. $55' 14''$

$S = 76^{\circ} 20' \quad (A+B) = 52^{\circ} 0' 45'' \quad 52' 44''$

$\frac{1}{2} S = 58^{\circ} 10'$

a. D'après la Formule de M. Delambre.

Log. cos. $\frac{1}{2} S + D = 9.695.5422$		
Log. cos. $\frac{1}{2} S - D = 9.988.7239$		
Log. cos. A = 9.961.1377		
Log. cos. B = 9.945.3949		
Log. z = 0.301.0300		
cos. a = 9.964.0261	0.091.8287	
cos. b = 9.945.2609	9.909.2870	cos. (A + B) = -0.6154893
	0.182.5417	nombre.... = + 1,5224452
		cos. D = 0.9060559
		D = 26° 54' 43"

β. D'après les Tables de M. Mendoza.

Hauteur apparente de ..	28° 10'			
Hauteur apparente de ..	25° 0'			
Somme des haut. apparentes	53° 10'	N.° 1,	137.6738	P. 158
Comp. correction de ..	58' 1"		209	
Corr. de la bas. de la ..	52' 44"			
Somme des hauteurs vraies	53° 0' 45"	N.° 2,	161.5432	P. 142
			58	
Distance apparente....	23° 10' 0"	N.° 3,	110.6408	P. 86
			304	
		Somme.....	409.3444	
		24° 55' = 409.3078		P. 85
			66 = 33	
Donc la distance vraie.....	24° 55' 33"			

L'inconvénient d'exprimer les distances par les cosinus, peut augmenter lorsqu'il s'agit des distances des planètes au soleil et aux étoiles, et lorsqu'on ne tient pas compte des dernières décimales des logarithmes. C'est à tort, je crois, que les voyageurs ont négligé jusqu'ici ces distances, dont un savant navigateur danois, le chevalier de Löwenörh, a reconnu la grande utilité, dans le voyage qu'il a fait aux Antilles en 1781. Il trouva¹ par ce moyen la longitude de son vaisseau à trois minutes de temps près, même en calculant d'après les tables anciennes de Halley et de Lambert. Aujourd'hui, les lieux géocentriques des planètes peuvent être déterminés avec une exactitude suffisante, d'après les excellentes

¹ Bugge, Observations, p. 21. M. Hoyer qui accompagna M. Krusenstern, pendant son voyage autour du monde, a confirmé l'opinion émise par M. Löwenörh. *Zach. Monatsche Correspondenz* für 1805.

tables de MM. Delambre, Bouvard et Lindensau ; et il seroit à désirer que, pour l'usage des voyageurs, l'on annonçât d'avance, dans toutes les Ephémérides, les distances des planètes à la lune. M. de Zach * a prouvé que l'on peut prendre des distances non seulement de Venus à la lune, mais aussi de Venus au soleil ; et que les distances mesurées par différens observateurs exercés, ne diffèrent pas entre elles de plus de cinq secondes.

On a agité récemment la question si les navigateurs, pour déterminer leur longitude, peuvent se servir, avec succès, des distances des étoiles à la lune, ou si ces distances ne doivent être considérées que comme un moyen auxiliaire, lorsqu'on n'a pas pu prendre des distances de la lune au soleil. Comme dans le cours de cet ouvrage je présente un grand nombre d'observations de distances de la lune aux étoiles, je me permettrai quelques remarques sur un objet qui intéresse également les progrès de la géographie et ceux de l'astronomie nautique.

J'ai calculé, avec un soin particulier, une série de distances de la lune aux étoiles, que M. de Humboldt avoit prises pendant son séjour à Cumana ; les résultats de ces observations ne différoient que de sept à dix minutes en arc de la longitude qui avoit été déduite d'un grand nombre de distances de la lune au soleil, d'éclipses de satellites de Jupiter, et d'autres moyens purement astronomiques.

M. Ferrer, observateur très-habile, a obtenu, dans les années 1807 et 1808, à l'île de Cuba, quinze séries de distances de la lune au soleil, et dix-neuf séries de distances de la lune aux étoiles. Regardant les distances des étoiles comme plus sûres que celles du soleil, il ne se servit que des premières pour déterminer la longitude de la Havane. Après les avoir calculées avec toute l'exactitude possible, en ayant égard à la température, à la pression barométrique et à l'aplatissement de la terre, M. Ferrer obtint des résultats partiels, qui ne s'écartoient du terme moyen tiré des dix-neuf séries de distances de la lune aux étoiles que de $+41^{\circ},6$ et $-25^{\circ},4$ en temps. La

* Geographische Ephemeriden, Band IV, S. 477.

* M. Ferrer a emprunté la position des étoiles, du catalogue de Maskelyne, et les longitudes de la lune, des tables de Bürg, telles qu'elles ont été publiées par le bureau des longitudes. Les astronomes françois n'admettant pas la correction équinoxiale donnée par Maskelyne, nous pensons que M. Ferrer n'auroit pas dû l'appliquer, comme il l'a fait, dans son calcul. En ayant égard à cette circonstance, la différence diminue de deux minutes, et ne sera plus que d'une demi-minute en arc.

moyenne des observations d'étoiles donna, pour la longitude de la Havane, $5^h 39' 27''$; ce qui ne diffère que de $2 \frac{1}{2}$ minutes en arc de la longitude qu'on doit regarder aujourd'hui comme la plus exacte.

L'usage des montres marines n'étant pas général, et les bons chronomètres étant encore très-rares, l'observation des distances de la lune aux étoiles est d'un grand secours pour les navigateurs; elle leur offre même un avantage particulier que ne donnent point les distances de la lune au soleil; savoir, la compensation des erreurs constantes des sextans. Il est vrai que les erreurs de la division de l'instrument, de la perpendicularité des miroirs, et du parallélisme de leurs surfaces, peuvent se vérifier à terre, avant le départ; mais la plupart des observateurs ne font point ces vérifications avec toute l'exactitude requise.

Si l'on compare, le même jour, la lune avec des étoiles occidentales et orientales, presque toutes les erreurs du sextant se détruisent mutuellement: ce moyen peut aussi s'appliquer aux distances de la lune au soleil; mais, dans ce cas, il faut le plus souvent attendre douze à quinze jours: l'erreur de l'instrument peut avoir changé dans cet intervalle, et la compensation des erreurs ne produit tout son effet que lorsque le voyageur est resté dans le même endroit, ou qu'il peut indiquer avec précision la différence de longitude qui existe entre le premier et le second lieu de son observation.

C'est précisément parce que l'observation des angles entre la lune, les étoiles et les planètes, procure des avantages réels à la navigation, qu'il est d'une grande importance de perfectionner les tables de M. Mendoza. On peut observer la lune plus près des étoiles que du soleil, et, dans ce cas, l'angle M (*l'angle auxiliaire de M. Mendoza*) exerce le plus d'influence sur la distance géocentrique.

Comme la formule fondamentale de Mendoza est exacte, et que l'erreur ne se trouve que dans l'application numérique de l'expression $\cos. M = \frac{\cos. A \cos. B}{a \cos. a \cos. b}$, c'est-à-dire dans la construction de la table auxiliaire pour cet angle, on conçoit que les autres tables ne doivent subir aucun changement; il seroit à désirer cependant que quelqu'un se chargât de calculer, en parties décimales de secondes, les valeurs de l'angle M , d'après la réfraction moyenne de M. La Place, et qu'on déterminât la variation de cet angle pour chaque hauteur de la lune et de l'étoile¹, et pour chaque changement de seconde, relativement au facteur

¹ Pour les planètes dont la parallaxe varie considérablement, il faudroit appliquer d'autres corrections.

de la correction C, afin qu'on pût trouver, sans beaucoup de calcul¹, l'angle $M \pm 0,575 (\text{tang. } A \Delta A + \text{tang. } B \Delta B)$.

Ces tables seroient aussi d'une égale utilité pour la formule de Borda, et pour celle qui a été donnée par M. Delambre.

Nous avons :

$$\cos. D = \frac{a \cos. \frac{1}{2} S \cos. (\frac{1}{2} S - D) \cos. A \cos. B}{\cos. a \cos. b} - \cos. (A + B)$$

$$\frac{a \cos. A \cos. B}{\cos. a \cos. b} = N, \text{ et on a}$$

$$\cos. D = (\cos. \frac{1}{2} S \cos. (\frac{1}{2} S - D)) N - \cos. (A + B).$$

Pour éviter toute interpolation, il faut faire $A + B$ tels que leur somme soit exprimée par un nombre rond de degrés et de minutes.

Soit, par exemple :

$$\begin{array}{rcl} D = 25^{\circ} 10' & & \\ a = 23^{\circ} 0' & B = 25^{\circ} 52' 44'' & \\ b = 28^{\circ} 10' + 15'' & A = 28^{\circ} 8' 1'' + 15'' & \\ S = 76^{\circ} 20' + 15'' & A + B = 50^{\circ} 1' 0'' & \\ \frac{1}{2} S = 38^{\circ} 10' 7,5'' & Lg. \cos. & 9,895,5298 \\ \frac{1}{2} S - D = 13^{\circ} 0' 7,5'' & Lg. \cos. & 9,988,7202 \\ \text{des tables} & Lg. N = & 0,298,2756 \\ & & \hline & & 0,182,5256 \end{array}$$

¹ Les tables de MM. Delambre et Zach donnent le coefficient de la correction atmosphérique, ou le facteur par lequel il faut multiplier les réfractions moyennes. Soit ce facteur = C, nous aurons $\epsilon' = (57'' \cotang. A) C$ et $\epsilon = (57'' \cotang. B) C$.

$\Delta \epsilon = \Delta A = (C-1) 57'' \cotang. A$ (ou plus exactement $(C-1) 57'' \cotang. a$, mais l'erreur est absolument insensible).
 $\Delta \epsilon = \Delta B = (C-1) 57'' \cotang. B$.

Substituons ces valeurs dans l'expression $\Delta M = 0,575 (\text{tang. } A \Delta A + \text{tang. } B \Delta B)$, nous obtiendrons

$$\Delta M = 0,575 ((C-1) 57' + (C-1) 57') = 0,575 (114' (C-1))$$

$$\Delta M = 65',55 (C-1);$$

$$\begin{aligned}\cos. \frac{1}{2} S \cos. (\frac{1}{2} S - D) N &= 1,522589 \\ \cos. (A + B) &= 0,615432 \\ \cos. D &= 0,906957 \quad D = 24^{\circ} 54' 43''\frac{1}{2}.\end{aligned}$$

Lorsque les distances mesurées sont petites, de 10° par exemple, on aura un peu plus de peine à trouver, avec la précision nécessaire, l'arc au moyen du cosinus, à moins qu'on n'ait à sa disposition des tables de logarithmes très-étendues. Dans ce cas, on pourra se servir de la formule que je donne dans le deuxième volume de cet Ouvrage (p. 318).

$$\cos. D = \cos. (A - B) - \frac{\cos. A \cos. B}{\cos. a \cos. b} (\cos. (a - b) - \cos. d) \text{ d'après Dunthorne,}$$

$$1 - 2 \sin. \frac{1}{2} D = 1 - 2 \sin. \frac{1}{2} (A - B) - \left(\frac{\cos. A \cos. B}{\cos. a \cos. b} 2 \sin. \frac{(d - a + b)}{2} \sin. \frac{(d + a - b)}{2} \right)$$

$$\sin. \frac{1}{2} D = \sin. \frac{1}{2} (A - B) + \frac{\cos. A \cos. B}{\cos. a \cos. b} \left(\sin. \frac{(d - a + b)}{2} \sin. \frac{(d + a - b)}{2} \right).$$

M. Levéque ¹ a proposé, il y a quinze ans, de calculer des tables auxiliaires pour la formule de Dunthorne. Dans un Mémoire que ce savant a publié sur les distances lunaires, il donne à la méthode de Dunthorne la préférence sur les autres formules, et il désire qu'on construise une table qui donne les logarithmes de $\frac{\cos. A \cos. B}{\cos. a \cos. b}$ de 10. en 10' de la hauteur de la lune. M. Levéque avoit travaillé lui-même à la construction de cette table auxiliaire; mais des circonstances particulières l'ont empêché de l'achever. Il ignoroit sans doute que M. Pibo Steenstra ², examinateur de la marine à Amsterdam, avoit déjà publié, dix ans auparavant, les logarithmes de Dunthorne, calculés de 10' en 10' de hauteur.

Ces mêmes logarithmes auxiliaires ont été calculés, pour la troisième fois, par M. Reineke ³, directeur des canaux à Hambourg: sans connoître la formule de Dunthorne, il en avoit trouvé une semblable qu'il envoya, en 1786, à M. Maskelyne, pour la présenter au bureau des longitudes de Londres. Il est presque superflu d'ajouter que l'astronome royal reconnut aussitôt l'identité des deux formules.

¹ Connoissance des Temps pour l'an VI, p. 290 et suiv.

² Benodigde Tafels.

³ Anweisung aus einer beobachteten Monde-Distanz die Länge zu finden. (Zach, Monatliche Correspondenz, Band X, S. 163).

M. Reineke publia sa méthode, en 1803, avec des tables auxiliaires pour la valeur de $\frac{\cos. A \cos. B}{\cos. a \cos. b}$. Dans ces tables, il faut soustraire le nombre du

logarithme $\cos. (a-b) - \cos. d$; tandis que, dans les tables angloises, ce nombre doit être ajouté au logarithme. Il paroît que les savans qui se sont occupés de cet objet ont oublié que ces logarithmes, calculés pour une certaine température et pour une certaine pression de l'air, ont besoin de correction lorsqu'on en fait usage pour une température et une pression différentes.

En Hollande, les commissaires de l'amirauté, Jan Hendrick van Swinden, Pieter Nieuwland, Gerard Hulst van Keulen, ont publié, en 1789, un mémoire sur la détermination des longitudes, au moyen des distances, dans lequel se trouve une méthode de Dunthorne, corrigée (*verbeterde manier van Dunthorne*), que je ne dois pas passer sous silence.

Ces savans font $A - B = P$; $a - b = Q$.

$$\frac{\cos. A \cos. B}{\cos. a \cos. b} = N,$$

d'où résulte :

$$\sin. G = \sin. \frac{1}{2} (d + Q) \sin. \frac{1}{2} (d - Q) N$$

$$\cos. \frac{1}{2} D = \cos. (\frac{1}{2} P + G) \cos. (\frac{1}{2} P - G).$$

Van Swinden et Nieuwland, dans la huitième table de leur collection², donnent les logarithmes (N) de Dunthorne, calculés pour la réfraction moyenne de Bradley. Leur troisième table contient la réfraction d'après Bradley et d'après Bouguer, pour les zones tempérées et pour la zone torridé. En admettant cette différence de réfraction, il faudroit aussi calculer des logarithmes pour chaque zone. C'est le dénominateur de N qui reste constant, et non le numérateur, A et B devant être déduits de a et b .

D'après l'ensemble de ces considérations, il paroît démontré que, dans la plupart des cas, il n'est pas sans danger pour la navigation de faire usage de l'angle auxiliaire M, et d'employer les valeurs $\frac{\cos. A \cos. B}{\cos. a \cos. b}$ telles qu'on les trouve rapportées dans les ouvrages que nous venons de citer. La grande perfection de nos tables du soleil et de la lune, d'après lesquelles le calculateur tient compte jusqu'à des fractions de secondes, impose la loi aux astronomes d'être très-

² *Verhandling over het bepaaen der Lengte op zee, etc.*, II édit., 1789, p. 165.

³ *Verzameling van Tafelen, der distants ter verkiezen*, p. 22.

exacts dans le développement numérique des expressions analytiques : car dans l'application, il est indifférent que les erreurs proviennent des distances observées, ou des distances calculées par les tables de la lune.

Dans tout ce qui précède, nous avons supposé l'observateur placé au niveau de la mer ; examinons maintenant le cas où le voyageur prend les distances dans des régions très-élevées, par exemple, sur le dos des Cordillères, parcourues par M. de Humboldt. La parallaxe étant déterminée par la distance qu'il y a de l'observateur au centre de la terre, elle doit changer si l'observateur s'élève au-dessus du niveau de l'Océan, puisque c'est pour ce niveau seul que la parallaxe moyenne a été calculée. Les villes de Quito, Santa-Fe, Mexico et plusieurs autres points, dont la position a été déterminée par des distances lunaires, sont élevées, au-dessus du niveau de l'Océan, de plus de 1200 à 1500 toises : nous prouverons que cette élévation doit nécessairement influer sur la distance apparente des astres.

Soit R' le demi-diamètre de la terre qui correspond au lieu de l'observation, et R celui qui correspond au niveau de la mer ; soit π , la parallaxe horizontale de la lune sous l'équateur, on aura pour la parallaxe π' d'un autre lieu $= \frac{R'}{R} \pi$; par conséquent,

$$\Delta \pi' = \frac{\Delta R' \pi}{R}, \text{ et assez exactement } \Delta \pi' = \frac{\Delta R' \pi}{5270000}; \Delta R' \text{ étant exprimé}$$

en toises : de sorte que, pour Quito, le changement de la parallaxe horizontale et de la distance géocentrique sera de 1'',7 : celui de la longitude s'élèvera, selon les circonstances, à trois ou quatre secondes en temps. Pour juger de ce changement, il suffit de rappeler que l'angle à la lune est

$$\cos. L = \frac{\sin. b - \cos. d \sin. a}{\sin. d \cos. a}.$$

L'influence de la parallaxe sur la distance géocentrique est $= \pi' \cos. L \cos. a$, par conséquent

$$\Delta \pi' = \left(\frac{\sin. b - \cos. d \sin. a}{\sin. d} \right) \left(\frac{\Delta R' \pi}{5270000} \right).$$

Examinons maintenant l'influence de l'aplatissement de la terre sur les résultats obtenus au moyen des distances lunaires. Soit, comme ci-dessus, p la parallaxe de la lune sous l'équateur, ϕ l'aplatissement de la terre, ϕ la latitude du lieu de l'observation ; la parallaxe horizontale de ce lieu sera $p (1 - \phi \sin. \phi)$. Il faudra, d'après Borda, calculer la distance géocentrique D , au moyen de la parallaxe

$p + p e \sin. \phi$, et y ajouter la quantité algébrique $2 p e \sin. \phi \left(\frac{\sin. N}{\sin. d} - \sin. M \cotang. d \right)$. Au lieu de suivre cette règle, les astronomes se contentent de calculer la distance géocentrique D' avec $p - p e \sin. \phi$, et négligent la quantité de $2 p e \sin. \phi \left(\frac{\sin. N}{\sin. d} - \sin. M \cotang. d \right)$.

Pour prouver combien cette méthode est sujette à erreur, nous déterminerons la valeur de $D - D'$:

$$D - D' = -V 2 p e \sin. \phi + 2 p e \sin. \phi \left(\frac{\sin. N}{\sin. d} - \sin. M \cotang. d \right),$$

$$\text{ou } V = \left(\frac{\sin. b}{\sin. d} - \cotang. d \sin. a \right);$$

$$\text{par la raison que } -\Delta p \left(\frac{\sin. b}{\sin. d} - \cotang. d \sin. a \right) = \Delta D.$$

Par conséquent, chaque fois que l'angle L , formé, au centre de la lune, par la verticale de la lune et par sa distance à l'astre, est un angle aigu, on obtiendra une distance trop grande, parce qu'on a pris la parallaxe horizontale trop *petite* de $2 p e \sin. \phi$. Voyons maintenant si cette erreur se trouve compensée, lorsqu'on néglige la seconde partie. La valeur de $\frac{\sin. N}{\sin. d}$ est positive lorsque la déclinaison du soleil est boréale; elle est négative lorsque cette déclinaison est australe; $\sin. M \cotang. d$ est négatif, si la déclinaison de la lune est australe, d n'étant pas plus grand que 90° ; la même quantité est au contraire positive, si la déclinaison est boréale, d étant plus grand que 90° . L'angle L , de même que $V 2 p e \sin. \phi$, sera tantôt positif, tantôt négatif. On ne doit donc pas compter sur des compensations qui, le plus souvent, n'ont pas lieu.

Supposons, par exemple, que, le 14 janvier 1791, à une heure du matin, on ait mesuré des distances de la lune à Aldebaran. Soient $M = 14^\circ 30'$, $p = 54' 22''$, $d = 24^\circ$. En faisant $\phi = 40^\circ$ nord, on trouvera, par un premier aperçu, $D - D' = 7''$, quantité dont la distance géocentrique sera trouvée trop grande si l'on calcule d'après la méthode ordinaire, en employant seulement la parallaxe horizontale du lieu de l'observation. Cette négligence produit, par conséquent, sur la longitude, une erreur de quatorze secondes en temps, ou de trois minutes et demie en arc. Dans cet exemple nous avons supposé l'aplatissement de la terre de $\frac{1}{172}$.

D'après la théorie de M. La Place ¹, l'inégalité du mouvement lunaire en latitude et en longitude, fixe cet aplatissement à $\frac{1}{304,6}$ et à $\frac{1}{303,23}$. Les expériences du pendule donnent pour résultat moyen $\frac{1}{305}$; ce qui s'accorde très-bien avec les phénomènes de la précession et de la nutation, qui indiquent que l'aplatissement de la terre, supposée elliptique, ne peut pas être au-dessous de $\frac{1}{347,7}$; mais il ne faut pas confondre l'aplatissement général avec l'aplatissement particulier, et c'est cependant de ce dernier, si difficile à connoître ², dont on devrait tenir compte dans le calcul des observations lunaires.

La grande opération que MM. Delambre, Mechain, Arago et Biot ont exécutée en France et en Espagne ³, donnent, pour les 45° de latitude, l'aplatissement de l'ellipsoïde osculateur de $\frac{1}{130}$ à $\frac{1}{118}$. Les nouvelles mesures faites en Angleterre par un excellent observateur, M. Mudge, semblent indiquer des anomalies de figures extraordinaires. Ces mesures ⁴ donnent un aplatissement de $\frac{1}{133}$; celles qu'on a exécutées aux Indes orientales ⁵ fixent l'aplatissement à $\frac{1}{209}$. Il faut supposer des erreurs bien considérables dans la détermination des amplitudes des arcs, pour trouver de l'accord entre ces résultats. En substituant, dans l'exemple que nous avons cité plus haut, l'aplatissement de $\frac{1}{130}$ à celui de $\frac{1}{304}$, l'erreur de longitude s'élèveroit à 8' en arc, quantité qui surpasse celle des tables lunaires les plus récentes. Je regarde comme très-probable, que l'aplatissement général du sphéroïde terrestre s'éloigne peu de $\frac{1}{304}$; mais j'ai cru devoir faire sentir combien il seroit important de connoître avec exactitude, dans divers lieux de la terre, la valeur de l'aplatissement local.

Nous discuterons ici les circonstances dans lesquelles l'observateur peut diminuer l'influence de ce dernier élément sur la longitude du lieu. Nous venons de trouver :

¹ *Expos. du Système du Monde*, T. II, p. 67 et 185.

² *L. e.*, T. I, p. 112. *Zach, Bibl. Brit.*, 1810.

³ *La Place, Mécanique céleste*, T. II, p. 143. *Le Gendre, Nouvelles Méthodes pour déterminer les orbites des comètes*, p. 78.

⁴ *Philos. Trans. for the year 1803*, T. II, p. 383.

⁵ *Connaissance des Temps*, 1810, p. 386. Voyez aussi un savant Mémoire de M. de Lindenau, sur l'utilité des mesures des degrés terrestres, dans *Zach, Mon. Corr.*, R. XIV, S. 113.

$$D - D' = -V \, 2 p e \sin.^\circ \phi + 2 p e \sin \phi \left(\frac{\sin. N}{\sin. d} - \cotang. d \sin. M \right),$$

ou

$$D - D' = -(\cos. L \cos. a) \, 2 p e \sin.^\circ \phi + 2 p e \sin \phi \left(\frac{\sin. N}{\sin. d} - \cotang. d \sin. M \right).$$

Les quantités M et N varient si peu dans l'intervalle de quelques heures, que $2 p e \sin \phi \left(\frac{\sin. N}{\sin. d} - \cotang. d \sin. M \right)$ ne change pas de signe; si toutefois ce changement a lieu, le dernier terme est si peu considérable qu'on peut le considérer comme zéro. Le signe de $V \, 2 p e \sin.^\circ \phi$ est déterminé par la nature de l'angle L , qui, en peu d'heures, peut devenir obtus d'aigu qu'il étoit. Il faut examiner, avant tout, si le second membre de l'équation $D - D'$ devient positif ou négatif, et se rappeler qu'en employant, d'après la méthode de Borda, la quantité $p + p e \sin.^\circ \phi$, la distance géocentrique devient plus petite par l'introduction de la partie $p e \sin.^\circ \phi$ qui dépend de l'aplatissement de la terre, chaque fois que l'angle L formé à la lune est aigu. D'après cela, on distinguera facilement les cas où la première et la seconde partie auront le même signe, et où par conséquent il ne faudra pas les négliger.

Par exemple, si $2 p e \sin.^\circ \phi \left(\frac{\sin. N}{\sin. d} - \cotang. d \sin. M \right)$ est positif, il est avantageux que L soit aussi positif ou un angle aigu. Si, au contraire, cette quantité devient négative; il est à désirer que l'angle à la lune soit obtus. Lorsque enfin cette même quantité disparaît entièrement, il faut, ou mesurer les distances, L étant presque égal à un angle droit, ou bien il faut mesurer deux séries de distances; de sorte que L , dans la première observation, soit d'une autre espèce que dans la seconde. On pourra se servir de cette même méthode pour diminuer l'influence de la réfraction.

Je sais que ces règles ne sont pas toujours applicables, lorsqu'il s'agit de distances fort grandes. Mais, dans ce cas, il faut recourir à d'autres mesures dans lesquelles l'influence de l'excentricité produit un effet contraire; souvent même il peut arriver que l'angle L ayant changé d'espèce, on est obligé d'observer la lune près de l'horizon, de sorte que l'incertitude des tables de réfraction devient plus grande que l'erreur qu'on veut éviter. Si, au contraire, la distance des astres n'est pas très-considérable, et que la lune soit près

du méridien, on pourra le plus souvent employer avec succès les règles que nous avons données plus haut.

Supposons que, le 9 décembre 1791, on ait pris des distances de la lune à Pollux: soit pour cette époque, $d = 40^\circ$, $M = 17^\circ,8$ nord, $p = 54' 5''$, les temps de l'observation, 9^h et 15^h , sous les 40° de latitude nord; $c = \frac{1}{\sin \phi}$, on aura

$$2pe \sin \phi \left(\frac{\sin N}{\sin d} - \cotang. d \sin M \right) = + 0,25 \times 21'',64 = + 5'',4.$$

La première partie de l'équation qui exprime la valeur de $D - D'$ étoit pour 9^h : $+ 1'',9$; pour 15^h : $- 3'',5$; par conséquent, l'influence de l'aplatissement de la terre sur la distance étoit, à 9^h , de $7'',3$; et à 15^h , de $1'',9$. Si, dans ce calcul, nous nous étions servi, d'après la méthode ordinaire, de la quantité $p - pe \sin.^\circ \phi$, l'erreur de la distance géocentrique se seroit élevée à $9''$.

On voit, d'après ces considérations, combien il seroit avantageux pour l'observateur d'avoir des tables qui facilitassent le calcul de l'aplatissement; la construction de ces tables seroit très-facile d'après la formule que nous avons donnée plus haut. Pour le soleil, ces tables devroient être divisées en deux parties; la première

donneroit la valeur de $\frac{\cos. \text{distance pol. } \phi}{\sin. d}$, et la seconde, la valeur de $\frac{\cos. \text{dist. pol. } \epsilon}{\tan g. d}$.

Pour les étoiles, on construiroit des tables à double entrée, qui auroient M et d pour argument: car la distance polaire des étoiles change trop peu dans un grand nombre d'années, pour que, dans ce cas, on ne puisse la regarder comme constante. Une troisième table donneroit les valeurs de $pe \sin.^\circ \phi$. Toutes ces tables qui n'occuperoient pas six pages, pourroient être imprimées à la suite des tables de la lune.

Il me reste à parler de l'influence qu'exerce, sur le calcul des longitudes, l'ellipticité apparente du soleil et de la lune, considérée comme effet de la réfraction. Cette influence est peu considérable, mais encore trop grande pour être entièrement négligée. Soit δ , le demi-diamètre horizontal de l'astre; Δf , la diminution du demi-diamètre vertical; i , l'inclinaison sur l'horizon, au point où l'on observe le contact, et nous aurons pour le demi-diamètre $\delta = \delta (1 - \Delta f \sin.^\circ i)$.

² M. Delambre appelle Δf l'aplatissement. En effet, si l'on substitue ϕ à i , et e à Δf ; δ qui est le demi-diamètre horizontal du soleil ou de la lune, se trouve déterminé par l'équation $R = R (1 - e \sin.^\circ \phi)$.

Astronomie.

A

Sous les tropiques, où il arrive souvent qu'une ligne tirée par les centres du soleil et de la lune passe très-près du zénith, *i* sera ordinairement très-grand. A des hauteurs moins considérables, telles que de 12 à 15°, la correction due à l'aplatissement s'élèvera à 4 à 5", et devra d'autant moins être négligée, qu'il existe des tables auxiliaires qui donnent cette réduction du diamètre, sans assujétir à des calculs pénibles.

J'ai averti plus haut que chaque distance que M. de Humboldt a mesurée entre la lune et le soleil ou les étoiles, a été réduite séparément au centre du sphéroïde terrestre. Je n'ai point employé les petits artifices par lesquels on cherche à mettre les observations dans un jour plus favorable; je ne les ai pas combinées par groupes, je n'ai pas même séparé les distances orientales des distances occidentales. Voici les raisons qui m'ont déterminé à en agir ainsi :

Comme les observations lunaires faites au sextant sont indépendantes entre elles, chacune est propre à donner un résultat de longitude; et lorsque toutes sont également bonnes, il faut s'en tenir à la moyenne arithmétique. J'ai commencé par prendre provisoirement la moyenne de toutes les observations que le journal n'indiquoit pas comme *mauvaises*, afin de connoître s'il y en avoit qui s'éloignassent trop du résultat général, déduit de toutes les observations. De cette manière, j'ai pu reconnoître les résultats douteux. Toutes les autres observations qui approchoient du terme moyen, et qui s'en éloignoient peu, soit par excès, soit par défaut, je les ai considérées comme bonnes, et je les ai fait concourir à la détermination de la longitude du lieu.

M. David, astronome à Prague, employa une méthode particulière, au moyen de laquelle il étoit pouvoir distinguer parmi un grand nombre d'observations celles qui méritoient le plus de confiance : il calcule les distances par les tables de la lune; il compare ces distances avec celles que l'observation lui donne, et il choisit ensuite les distances observées qui s'accordent le mieux avec les distances calculées ¹. J'avoue que je ne conçois pas l'avantage que doit offrir cette méthode : elle renferme un cercle vicieux, parce qu'elle suppose la connoissance de la longitude du lieu. Si les distances ont été calculées d'après les tables corrigées, en admettant une fausse longitude, les distances observées les plus exactes seront naturellement celles qui s'accorderont le moins avec les

¹ *Geographische Breite und Länge von Schlackenau*, S. 43 et suiv.

tables. M. David, d'après cette méthode, trouve pour sa longitude, en trois jours consécutifs, $14^{\circ} 50''$, $14^{\circ} 51''$, et $14^{\circ} 54''$; mais aussi avoit-il supposé $14^{\circ} 51''$, longitude que lui avoit donnée une occultation d'étoile.

M. Maskelyne, si je ne me trompe, a été le premier qui ait conseillé de séparer, dans le calcul des longitudes, les distances occidentales des distances orientales, pour faire disparaître les erreurs qui proviennent de la division et d'une fausse détermination de la collimation. Cette méthode n'est avantageuse que lorsqu'il est question d'un seul et même instrument. Si le grand miroir est prismatique, l'erreur qui résulte du défaut de parallélisme croît avec la grandeur de l'angle; et il sera d'autant plus dangereux de combiner une petite distance avec une grande, que le miroir sera plus prismatique. En ce cas, on parvient à faire disparaître l'erreur de collimation, mais on court risque d'obtenir un résultat qui s'éloigne considérablement de la vérité. L'observateur, il est vrai, peut vérifier le parallélisme des surfaces du grand miroir, mais cette vérification n'est pas aisée à faire, et demande des attentions minutieuses.

En prenant des distances orientales et occidentales, il est nécessaire de choisir les angles égaux autant que possible, de combiner ces distances deux à deux, et de s'arrêter à la moyenne des résultats combinés. La méthode employée communément par les navigateurs et par les astronomes, qui voyagent par terre, est diamétralement opposée aux règles que nous venons de prescrire. Ils combinent sans choix des séries de distances orientales et occidentales, en supposant que la moyenne, tirée d'un grand nombre de distances, grandes et petites, n'est point affectée des erreurs de l'instrument. En parcourant les relations du voyage de Cook, de Vancouver, et de plusieurs navigateurs français, on trouve combinés des résultats de longitude obtenus avec quatre ou cinq instruments différens.

L'inégalité du mouvement de la lune s'oppose aussi jusqu'à un certain point à l'effet des compensations qui sont produites par la combinaison des distances orientales et occidentales. Soit x , l'erreur totale de l'instrument, λ et λ' , deux longitudes déduites des angles orientaux et occidentaux; et nous aurons:

$\lambda + \alpha x = \lambda' - \beta x$; par conséquent, comme $m = \frac{n\beta}{\alpha}$, la longitude corrigée sera

$$\lambda + \left(\frac{\lambda' \sin \lambda}{n + m} \right) n = \lambda' - \left(\frac{\lambda' \sin \lambda}{n + m} \right) m.$$

Comme le mouvement horaire de la lune est de $29\frac{1}{2}$ à $38\frac{1}{4}$, on conçoit facilement que $\frac{\lambda' \sin \lambda}{2}$ peut différer de $\frac{\lambda' \sin \lambda}{(n+m)}$, n de 3 à 4¹ en arc.

Pour déterminer à la fois l'effet total des erreurs d'un sextant, M. Van Beck Calkoen² propose de mesurer la distance angulaire de deux étoiles, de laisser l'alidade à la même place, et d'attendre que le disque de la lune soit en contact avec celui du soleil ou avec une étoile, au milieu du champ de la lunette. « Si le sextant, observe l'astronome hollandais, est divisé avec le soin que l'on reconnoît dans tous les sextans de Ramsden, de Standliff et de Throughton, on peut considérer, comme la somme des erreurs de l'instrument, la différence trouvée entre la distance calculée de deux étoiles et la distance observée. » M. Troughton³ se sert du même moyen pour vérifier les cercles de réflexion; il assure que les distances observées des étoiles s'accordent presque toujours, à quatre secondes près, avec celles qu'indique le catalogue de M. Maskelyne. Lorsqu'on est à terre, on peut mesurer ces distances avec assez d'exactitude; mais sur mer, l'opération offre beaucoup de difficultés à cause de la déviation.

Les sextans de Ramsden³, dont MM. de Zach, Humboldt et Tralles se sont servi dans leurs opérations, sont d'une construction si solide, que l'erreur de collimation ne change souvent pas de 8 ou 10" pendant l'espace de quelques mois. On ne sauroit cependant assez recommander aux astronomes, munis d'instrumens de réflexion, d'examiner, comme l'a toujours fait M. de Humboldt, avant ou après chaque observation, par la mesure du disque solaire, le parallélisme du miroir. Les erreurs qui résultent du défaut de parallélisme, sont proportionnelles aux inclinaisons des surfaces. Ainsi on peut calculer, pour le sextant dont on se sert, une table qui indique, pour chaque angle et pour chaque minute d'inclinaison, la correction qu'il faudra faire aux angles observés.

On pourroit même introduire, dans le calcul des distances, des équations de condition pour l'erreur de collimation et pour la forme prismatique des miroirs, et les comprendre sous la forme $L \pm m X \pm n Y$. On pourroit former autant d'équations qu'il seroit nécessaire pour déterminer X et Y ; mais ce procédé suppose que la division

¹ Zeemanns Handleiding tot het Gebruik van den sextant of octant, p. 9.

² Zach, *Monatliche Correspondenz*, B. II, S. 212.

³ Ramsden assure que plusieurs sextans de sa construction n'avoient pas changé d'erreur de collimation pendant tout le cours d'une navigation aux Grandes Indes. *Bohnberger, Ortsbestimmung*, S. 167.

du limbe soit parfaitement exacte, condition qui ne peut être vérifiée qu'autant qu'on est déjà sûr de l'erreur résultant du parallélisme des surfaces du miroir, ou qu'on mesure des angles dont on connoît rigoureusement la grandeur.

Il est des observateurs qui ne connoissent d'autres moyens pour faire disparaître le défaut de parallélisme du grand miroir, que de combiner des distances orientales et occidentales, d'égale grandeur. Les erreurs étant proportionnelles aux inclinaisons des surfaces, il suffit de prendre, dans la sixième table de Borda, le nombre de secondes, et de les ajouter, comme coefficients, à l'inclinaison inconnue y ; par ce moyen, w et w' étant les angles observés, et α et β , leurs coefficients correspondans, on aura :

$$\lambda + \alpha y = \lambda' + \beta y, \text{ et pour la longitude corrigée } = \lambda + \left(\frac{\lambda - \lambda'}{\beta - \alpha} \right) \alpha.$$

En combinant les angles orientaux avec les angles occidentaux, il faut, dans la supposition que le miroir soit prismatique, les prendre deux à deux, et répartir la différence d'après la formule que nous venons de donner. Dans tous les cas, ce procédé suppose que les distances calculées ne soient pas affectées des erreurs des tables du soleil et de la lune, à moins qu'on ne veuille s'exposer à attribuer des différences qui résultent de l'imperfection des tables aux erreurs de l'instrument : il y a plus encore, il se sera passé au moins six jours entre la mesure des distances orientales et occidentales du soleil et de la lune, et, dans cet intervalle, l'erreur des tables de la lune peut avoir changé de signes. Sur mer, il est en outre nécessaire de pouvoir indiquer exactement combien le vaisseau a changé de longitude, pendant l'espace de temps écoulé entre les observations faites à l'est, et celles faites à l'ouest du soleil. Toutes ces circonstances rendent l'application de cette méthode assez difficile. Je conseillerois plutôt de vérifier les distances par les mesures prises avec le cercle de Borda dans une même direction, en combinant, toutes les fois que cela est possible, les plus petits angles mesurés avec les plus grands.

Comme le moyen de vérifier le parallélisme des surfaces du miroir, en l'ôtant de son châssis et en le retournant, n'est pas d'une exécution facile, on pourroit, au lieu de détacher le miroir, prendre un angle d'environ 130° , et le mesurer par parties. Au premier angle de 65° , par exemple, $1'$ d'inclinaison produiroit une différence de $135''$; au second, l'erreur ne seroit que de $15''$. Si les surfaces des miroirs sont parallèles, il faut que la somme des deux angles partiels soit égale à l'angle obtus de 130° ; en formant des équations de condition, on trouvera facilement l'inclinaison des surfaces. Le procédé connu sous le nom du *tour de l'horizon*, produit le même effet.

2. ÉCLIPSES DU SOLEIL, ET OCCULTATIONS DES ÉTOILES.

Quoique les anciens ¹ eussent observé que le soleil étoit plutôt éclipsé dans les contrées orientales que dans celles qui sont situées vers l'occident, ils n'avoient pourtant pu tirer aucun parti de la connoissance de ce phénomène, à cause de la complication des calculs parallaxiques. *Kepler* ² démontra le premier de quelle importance étoient les éclipses du soleil pour le perfectionnement de la géographie. Il observa, à Gratz, en Styrie, l'éclipse du 7 mars 1598, et publia dès lors une méthode particulière pour faire usage de ce genre d'observations. C'est probablement à cause de la difficulté que présente la méthode de *Kepler*, que l'exemple donné par ce grand astronome ne fut presque pas suivi jusqu'au commencement du dix-huitième siècle, où *Jean Dominique* et *Jacques Cassini* ³ publièrent des méthodes de projection propres à simplifier les calculs parallaxiques. *La Hire*, dans ses tables astronomiques, proposa des méthodes graphiques semblables à celles de *Dominique Cassini*. *Grischow* ⁴ a le mérite d'avoir appliqué le premier la théorie à des observations réelles; il déduisit, en 1750, d'une occultation d'Antares, la différence des méridiens entre Paris et Berlin. En 1763, *Lalande* publia, dans les Mémoires de l'Académie des sciences ⁵, une méthode perfectionnée propre à déterminer rigoureusement les longitudes géographiques par l'observation des éclipses du soleil. Avant cette époque, ces phénomènes et les occultations d'étoiles ne furent que rarement calculés, et *Lalande* a contribué singulièrement aux progrès de la géographie, en engageant les astronomes et les voyageurs à employer un genre d'observations qui fournit le moyen le plus sûr de déterminer la longitude des lieux.

Le père *Hell* ⁶ avança que les éclipses des satellites de Jupiter étoient préférables aux éclipses du soleil, à cause de l'imperfection des tables lunaires et solaires; mais *Lexell* ⁷, membre de l'Académie de Pétersbourg, indiqua des moyens pour

¹ *Hipparque*, voyez *Strabo*, Tom. I, p. 18. Édit. Sichenkes.

² Ad Vitellionem peralipomena, etc., p. 523. Tabula Rudolphina, c. 16, c. 32, in præmio, p. 176. Conférez Connaissance des Temps pour l'an VI, et Philosophical transactions for the year 1771, p. 437 et suiv.

³ Mémoires de l'Académie des sciences pour 1700, p. 103; pour 1705, p. 194.

⁴ Mémoires de math. et physiques, Tom. I, p. 339.

⁵ Mémoires de l'Académie des sciences pour 1763, p. 100.

⁶ Ephemerides astronomicae anni 1766, p. 183.

⁷ Novi Commentarii Academia Petropolitana, Tom. XV, p. 590 et suiv. Bode, astronomisches Jahrbuch für 1776, S. 174.

corriger, par les observations mêmes, les élémens des calculs. Depuis ce temps, les méthodes fondées sur les calculs parallactiques ont été généralement adoptées, et les géomètres et les astronomes les plus célèbres ont tâché de les simplifier¹. Soit (Tab. I, figure 2), z , le zénith de l'observateur; p , le pôle de l'équateur; e , celui de l'écliptique : qu'on prolonge ep jusqu'en o de l'Écrevisse, et en o du Capricorne; et comme ez = la hauteur du Nonagésime, zep exprime la distance du Nonagésime, soit à 0° de l'Écrevisse, soit à 0° du Capricorne.

Pour résoudre le triangle zpe , nous connoissons ep = l'obliquité de l'écliptique, pz = la hauteur de l'équateur pour le lieu de l'observation, et l'angle $epz = a$, la distance angulaire entre l'ascension droite du milieu du soleil, et 0° du Capricorne ou de l'Écrevisse; nous aurons:

$$\cos. ez = \cos. pz \cos. ep + \sin. pz \sin. ep \cos. epz$$

$$\sin. zep = \frac{\sin. pz \sin. epz}{\cos. b},$$

ou bien, nommant ϕ' la latitude géocentrique du lieu; e , l'obliquité de l'écliptique; b , la distance du Nonagésime² au zénith:

$$\sin. b = \sin. \phi' \cos. e + \cos. \phi' \sin. e \cos. epz$$

$$\sin. zep = \frac{\cos. \phi' \sin. epz}{\cos. ez},$$

d'où l'on déduira facilement la longitude L du Nonagésime.

Soit B , la latitude vraie de la lune; B' , sa latitude apparente; D , son diamètre vrai; D' , son demi-diamètre apparent; d , la distance vraie au Nonagésime; λ , la parallaxe horizontale sous l'équateur, $\pi' = r\pi$ la parallaxe horizontale pour le lieu de l'observation, p étant le rayon du lieu de l'observation; nous aurons:

$$\sin. \text{de la parallaxe de longitude} = \sin. \lambda = \frac{\sin. \pi' \cos. b \sin. (d + \lambda)}{\cos. B},$$

$$\text{tang. } B' = \frac{\text{tang. } B \sin. (d + \lambda)}{\sin. d} - \frac{\text{tang. } b \sin. \lambda}{\sin. d};$$

$$\sin. D' = \frac{\sin. D \sin. (d + \lambda) \cos. B'}{\cos. B \sin. d} \quad 3$$

¹ Euler, Lagrange, Mayer, Du Séjour, Lexell, Delamère, Cagnoli, Timpelhoff, Schulze, Lambert, Kästel, Olbers, Bessel, Gertner, Henry, Bohnenberger, Rheda, Kästner et IFurm.

² Pour les tables auxiliaires propres à faciliter le calcul du Nonagésime, voyez Kepler, Tabulae Rudolphinae; Riccioli, Geographia reformati; Leakester, Uranoscopia; Lalande, Astronomie, et plusieurs volumes de la Connaissance des Temps; Maskelyne, Astronomical Observations, Vol. I; Leverage, Tables générales de la hauteur et de la longitude du Nonagésime, publiées en 1776; IFurm, Anleitung zur Parallaxen Rechnung, 1804.

³ Ces trois formules ont été démontrées par M. Gertner, dans les Ephemerides de Bode, pour 1793, p. 196.

On peut se dispenser de calculer le Nonagésime, en déterminant les parallaxes directement par les élémens géocentriques, comme l'a prouvé M. Bohnenberger¹; mais de toutes les méthodes, la plus facile et la plus élégante est celle qui a été publiée par M. Olbers², en 1805; nous ne saurions la recommander assez à ceux qui s'occupent des calculs parallactiques.

Après avoir déterminé, au moyen de ces formules, les longitudes, les distances polaires, et les diamètres apparens des astres, l'on trouvera facilement la différence des longitudes apparentes. Désignons la distance polaire apparente de la lune par δ , celle de l'astre éclipsé par δ' , la distance des centres par Δ' ; et faisant, pour abrégé le calcul, $\delta + \delta' + \Delta = \sigma$, nous aurons :

$$\sin. \left(\frac{\Delta^0}{2} \right) = \frac{\sin. (\sigma + \delta) \sin. (\sigma - \delta')}{\sin. \delta \sin. \delta'},$$

ou, si l'on veut,

$$\Delta^0 = \frac{(\delta + (\delta + \delta')) (\delta - (\delta + \delta'))}{\sin. \left(\frac{\delta + \delta'}{2} \right)}.$$

Cherchons maintenant à trouver la *différence des longitudes vraies* : soit α la longitude *vraie*; α' , la longitude *apparente* de la lune; $\lambda \alpha$, sa parallaxe de longitude; S, la longitude *vraie* de l'astre éclipsé; S', sa longitude *apparente*; λS , sa parallaxe de longitude. La longitude apparente de la lune, lors du commencement de l'éclipse, étant plus petite que celle de l'astre occulté, nous aurons :

$$S - \alpha = S' - \alpha' + \lambda \alpha - \lambda S = \Delta^0 \pm (\lambda \alpha - \lambda S), \text{ pour le commencement,}$$

$$\text{et} \dots \dots \dots \Delta^0 \mp (\lambda \alpha - \lambda S), \text{ pour la fin.}$$

On prendra le signe supérieur, quand la lune se trouvera à l'est du Nonagésime. Soit encore τ , le temps *moyen* de l'observation; m , le facteur par lequel l'arc de l'écliptique qui reste à parcourir, se trouve réduit en temps, et nous aurons pour le temps de la conjonction T,

$$\text{si le temps est déduit de l'observ. du commencement.} \quad \tau' + m' (\Delta^0 \pm (\lambda \alpha - \lambda S)) = T';$$

$$\text{si le temps est déduit de l'observation de la fin} \quad \tau'' - m'' (\Delta^0 \mp (\lambda \alpha - \lambda S)) = T''.$$

¹ Anleitung zur geographischen Ortsbestimmung. S. 361.

² Bode, astronomisches Jahrbuch für 1808. S. 196.

Il faut prendre le signe supérieur si la lune se trouve à l'est du Nonagésime. Le nombre d'indices marque ce qui appartient à la première observation et à la seconde.

En supposant des observations exemptes d'erreurs, les temps de conjonction, déduits du commencement et de la fin, doivent être exactement les mêmes : si l'on trouve des différences, elles doivent être attribuées aux élémens employés. Les observations elles-mêmes présentent des moyens pour découvrir les petites erreurs qui peuvent avoir été commises dans la détermination de la parallaxe, de la latitude et du demi-diamètre de la lune et de l'astre occulté.

Supposons la correction de la latitude vraie de la lune = ΔB , celle de sa parallaxe horizontale = $\Delta \pi$, celle de son demi-diamètre = ΔD ; la correction de la latitude de l'astre éclipsé = $\Delta \beta$, celle du demi-diamètre = Δd ; nous aurons, en différenciant les équations données ci-dessus :

$$\Delta T' = m' \Delta \left(\Delta^{\circ'} + (\lambda' \circ - \lambda' S) \right)$$

$$\Delta T'' = -m'' \Delta \left(\Delta^{\circ''} - (\lambda'' \circ - \lambda'' S) \right).$$

Supposons le lieu apparent de la lune plus près du pôle boréal de l'écliptique, que celui de l'astre éclipsé; faisons de plus les distances des centres, $D + d = a$, la différence des distances polaires = γ ; nous aurons :

$$\Delta(\Delta^{\circ}) = \left(\frac{a'}{\Delta^{\circ}} \right) \Delta a - \left(\frac{\gamma}{\Delta^{\circ}} \right) \Delta \gamma;$$

mais

$$\Delta \lambda \circ = \left(\frac{\lambda \circ}{a} \right) \Delta a, \text{ et } \Delta(B' + B) = \left(\frac{(B' + B)}{a} \right) \Delta a,$$

et

$$\Delta B' = - \left(\frac{(B' + B)}{a} \right) \Delta a;$$

par conséquent,

$$\Delta T' = m' \left(\frac{a'}{\Delta^{\circ'}} \right) \Delta D + m' \left(\frac{a''}{\Delta^{\circ'}} \right) \Delta d \mp m' \left(\frac{\gamma'}{\Delta^{\circ'}} \right) \Delta B \pm m' \left(\frac{\gamma'}{\Delta^{\circ'}} \right) \Delta \beta \\ \pm m' \left(\frac{\gamma'}{\Delta^{\circ'}} \right) \frac{(B' + B)'}{a} \Delta a + \left(\frac{m' \lambda' \circ}{a} \right) \Delta a \mp m' \left(\frac{5 a'}{11 \Delta^{\circ'}} \right) \Delta \pi.$$

$$\Delta T'' = -m'' \left(\frac{a''}{\Delta^{\circ''}} \right) \Delta D - m'' \left(\frac{a''}{\Delta^{\circ''}} \right) \Delta d \pm m'' \left(\frac{\gamma''}{\Delta^{\circ''}} \right) \Delta B \mp m'' \left(\frac{\gamma''}{\Delta^{\circ''}} \right) \Delta \beta \\ \mp m'' \left(\frac{\gamma''}{\Delta^{\circ''}} \right) \frac{(B' + B)''}{a} \Delta a - \left(\frac{m'' \lambda'' \circ}{a} \right) \Delta a - m'' \left(\frac{5 a''}{11 \Delta^{\circ''}} \right) \Delta \pi.$$

Astronomie.

Les coefficients ΔD , Δd , $\Delta \pi$, λ , et $(B - B')$ étant regardés comme positifs, de manière que ΔB et $\Delta \beta$ indiquent une diminution de la distance des astres, au pôle boréal de l'écliptique; on obtiendra, en retranchant ces deux équations l'une de l'autre :

$$\Delta T' - \Delta T'' = (v' + v'') \Delta D + (v' + v'') \Delta d - (w' + w'') \Delta B + (w' + w'') \Delta \beta + (x' + x'') + (y' + y'') + (z' + z'') \Delta \pi.$$

C'est au moyen de cinq équations de cette forme qu'on trouvera les valeurs des coefficients indéterminés. Mais comme il est infiniment rare que l'on puisse trouver cinq observations complètes, et faites dans différens lieux de la terre, on ne pourra point déterminer toutes les corrections qui doivent être appliquées aux élémens empruntés des tables astronomiques. Généralement il suffira de connoître, par trois observations, la correction de la somme des demi-diamètres des astres éclipés, de même que celle de la différence de leurs distances polaires.

Soit, par conséquent, $D + d = S$, $B' - \beta = D$, $\frac{m' + m''}{2} = m$, nous aurons :

$$\Delta T' - \Delta T'' = (m\pi) \Delta S + (m\gamma) \Delta D + (m\epsilon) \Delta \pi,$$

équation dans laquelle

$$x = \frac{\pi'}{\Delta \alpha \alpha'} + \frac{\pi''}{\Delta \alpha \alpha''}, \quad y = \mp \frac{\gamma'}{\Delta \alpha \alpha'} \mp \frac{\gamma''}{\Delta \alpha \alpha''},$$

$$z = \left(\pm \frac{\gamma'}{\Delta \alpha \alpha'} \right) \frac{(D')}{\pi'} + \frac{\lambda' \epsilon}{\pi'} + \frac{5 \alpha'}{11 \Delta \alpha \alpha'} \pm \left(\frac{\gamma''}{\Delta \alpha \alpha''} \right) \frac{D''}{\pi''} + \frac{\lambda'' \epsilon}{\pi''} + \frac{5 \alpha''}{11 \Delta \alpha \alpha''}.$$

C'est à tort que le troisième terme $\frac{5 \alpha}{11 \Delta \alpha}$, qui dépend de la parallaxe, a été négligé jusqu'ici, comme je l'ai fait voir dans cet ouvrage, Vol. I, p. 75. Avec le changement de la parallaxe de la lune, le demi-diamètre se trouve changé aussi, le dernier étant fonction de la parallaxe. Il paroît que c'est *Lexell*² qui le premier a négligé ce terme. Un astronome distingué³ observe que la différentielle du demi-diamètre de la lune pouvoit être rendue dépendante de la parallaxe; mais il seroit nécessaire, pour cela, que l'on connût rigoureusement le demi-diamètre de la lune; ce qui n'est point le cas, comme M. *Triesnecker*³ l'a déjà prouvé, et comme je l'ai trouvé en calculant des occultations dans lesquelles l'étoile passoit près du centre de la lune.

¹ Commentarii Academiæ Petropolitanae, Tom. XV, p. 590 et suiv.

² *Zeich. Monathliche Correspondenz*, fur 1808, august, S. 150.

³ *Ephemerides astronomicae* anni 1805.

Lorsque trois équations sont données, on en déduira facilement les valeurs de x , y et z . Cependant, le commencement et la fin d'une éclipse seront très-rarement observés en *trois lieux différens*, et avec assez d'exactitude pour pouvoir déterminer les coefficients. Si le nombre des observations est au-dessus de trois, on peut les combiner entre elles de différentes manières; mais les résultats de ces combinaisons seront rarement satisfaisans. Il faut, de plus, pour obtenir des valeurs exactes des coefficients x , y et z , que les observations soient faites dans des lieux très-éloignés les uns des autres. Dans ce cas, ils sont affectés par l'*aplatissement local*, qu'il faut supposer être le même sous différens parallèles.

Quoi qu'il en soit, si les élémens, déduits de l'observation, diffèrent beaucoup de ceux que présentent les tables actuelles; c'est au calculateur à juger si la correction doit être appliquée en entier, et s'il est probable que les tables puissent être en erreur d'une quantité aussi considérable que celle qui résulte du calcul. Dans ce cas, il est impossible de donner des règles certaines: il faut s'en rapporter au tact et à l'expérience de l'astronome.

Voici les différences que, dans l'état actuel de l'astronomie, on trouve entre les élémens dont la valeur a été fixée par les observateurs les plus célèbres.

Demi-Diamètre du Soleil.

Le diamètre apogée du soleil est, d'après *Bradley*, de $15' 44''{,}0$; et d'après *Mayer*, de $15' 46''{,}9$; *Lacaille* le fixe à $15' 47''{,}2$; *Le Gentil*, à $15' 47''{,}1$; *Lalande*, à $15' 45''{,}5$; *Maskelyne*, à $15' 43''{,}6$; *Triesnecker*, à $15' 44''{,}55$; *Camerer*, à $15' 46''{,}39$; *Delambre*, à $15' 45''{,}5$; *Piazzi*, à $15' 45''{,}33$; *Litrow*, à $15' 45''{,}08$.

Il y a encore beaucoup de doutes sur la quantité de l'*inflexion* des rayons solaires, que quelques astronomes emploient dans les calculs des éclipses. Pour mesurer cette *inflexion*, il faudroit connoître exactement le diamètre vrai du soleil. *Euler*¹ la regarde comme l'effet de l'atmosphère lunaire; et *Dionis du Séjour*² a calculé, avec un soin particulier, les observations de deux éclipses presque totales du soleil, qui eurent lieu en 1764 et 1769, pour examiner si le diamètre

¹ *Mémoires de l'Académie des sciences*, pour 1752, p. 240 et 440, pour 1760, p. 48. *Ephemerides astronomicae* Findobnenenses anni 1796, p. 340. *Zach, Monatliche Correspondenz*, janvier 1809.

² *Mémoires de l'Académie de Berlin*, pour 1748, p. 203.

³ *Traité analytique*, T. I, p. 391.

du soleil, tel qu'on le supposoit alors dans les tables, s'accordoit avec la durée des éclipses : il trouve que, pour faire cadrer les durées calculées avec les observations, il faut retrancher trois secondes et demi du demi-diamètre du soleil, indiqué dans les tables de *Lalande*. *Reggio*¹, dans son traité de *veris solis et lune diameter in calculo solis et siderum eclipsium adhibendis*², diminue de 6'' le diamètre du soleil, de même que celui de la lune. *Lemonier* assure avoir trouvé 12'' à 15'' pour l'effet de l'atmosphère de la lune; tandis que *Lalande*, par deux éclipses centrales, ne trouve que 3'' de différence. MM. *Triesnecker* et *Wurm* négligent entièrement, dans leurs calculs parallaxiques, les effets de l'*inflexion* et de l'*irradiation* : ils supposent le demi-diamètre du soleil de 15' 44'',5. *Monteiro de Rocha*³ croit que l'irradiation n'a pas lieu; mais les raisons qu'il allègue en faveur de son opinion, sont très-peu concluantes. Un problème aussi important que celui de l'existence de l'*irradiation*, méritoit d'être résolu par des observations directes. Ce travail a été entrepris par un savant dont les recherches intéressent également les progrès de l'optique et ceux de l'astronomie. M. *Arago* a trouvé, par des mesures extrêmement délicates et faites au micromètre prismatique, que des disques très-lumineux n'ont pas d'irradiation sensible. M. *Piazzi*⁴ remarque qu'en employant dans le calcul des éclipses une correction dépendante de l'inflexion des rayons, il a quelquefois trouvé que les temps de la conjonction, déduits du commencement et de la fin de l'éclipse, s'accordent un peu mieux entre eux; mais il ajoute que tout aussi souvent il a obtenu des résultats plus satisfaisans, en n'ayant point égard à l'*inflexion* des rayons. Quant à moi, je n'ai jamais employé cette correction dans les calculs nombreux que je présente dans cet ouvrage.

Demi-Diamètre de la Lune.

*Mayer*⁵ supposa le demi-diamètre de la lune de 16'.23'',72, la parallaxe horizontale, sous l'équateur, étant de 60' 0''; *Lalande*⁶ diminua le demi-diamètre d'une demi-seconde. M. *Bürg*⁷ le trouve de 16' 22'',52, et

¹ *Ephemerides astron. Mediolanenses anni 1776.*

² *Astronomie*, T. II, p. 1395, §. 1508. *Connaissance des Temps pour l'an VII*, p. 203.

³ *Eph. astr. de Coimbra*, Vol. IV, p. LXXVI.

⁴ *Della specola*, Lettera sett.

⁵ *Tabula metuum solis et lune 1770*, p. LXXV.

⁶ *Mémoires de l'Académie des sciences*, pour 1788, p. 189.

⁷ *Ephemerides astronomice anni 1795*, p. 405.

M. *Triesnecker*¹ le fixe à $16' 22'' 47$. Le premier résultat se fonde sur de nombreuses occultations d'étoiles; le second a été déduit d'observations faites au micromètre. M. *Ferrer*², en calculant plusieurs éclipses du soleil et des occultations d'étoiles, trouve, pour le demi-diamètre de la lune, $15' 31'' 99$, la parallaxe étant de $57' 1''$; par conséquent, $16' 20'' 75$, pour $60'$ de parallaxe équatoriale.

Parallaxe horizontale de la Lune sous l'Équateur.

*Lalande*³ dimina, le premier, de $6''$, la parallaxe horizontale adoptée par *Mayer*; il déduisit ce résultat d'observations correspondantes de la lune faites à Berlin et au cap de Bonne-Espérance. MM. *Bürg* et *Triesnecker*⁴, par différentes méthodes, trouvèrent qu'il faut retrancher $10''$ de la parallaxe de la lune, indiquée dans les tables de *Mayer*.

Suivant M. *La Place*⁵, la constante équatoriale est de $57' 0''$, résultat qui s'accorde parfaitement avec celui trouvé par *Bürg* et *Triesnecker*. M. *Burckhardt*⁶, dans les recherches qu'il a faites sur la parallaxe lunaire, tâche de prouver que le résultat tiré de la théorie mérite la préférence sur les observations, et que ce résultat ne peut pas être en erreur de $0'' 7$. Il trouve, pour la constante équatoriale, $56' 59'' 3$. Cependant, les différences entre les tables et la théorie peuvent, dans des circonstances bien rares, s'élever à $7''$ ou $10''$. C'est pour cette raison qu'en 1806, j'ai construit des tables lunaires, dont les équations, pour la latitude et la parallaxe, sont déduites de la seule théorie donnée par l'illustre auteur de la Mécanique céleste⁷.

Latitude de la Lune.

Les équations de la latitude données par *Mayer* et *Mason* s'écarteront rarement de plus de $12''$ des observations, pourvu que l'on corrige l'inclinaison

¹ *Ephemerides astronom.* anni 1796, p. 340.

² *Transactions of the American Philosophical Society*, Vol. VI, part. II, p. 399.

³ *Mémoires de l'Académie des sciences*, pour 1751, 1752, 1753, 1756 et 1788.

⁴ *Zach, Geographische Ephemeriden*, Band I, S. 60. *Tabulae lunares auctore Triesnecker*, dans les *Ephemerides* anni 1803. *Zach, Monathliche Correspondenz*, 1804, septembr.

⁵ *Mécanique céleste*, T. I, p. 120; T. III, p. 288.

⁶ *Connaissance des Temps* pour l'an XV, p. 368.

⁷ *IV^{ter} Supplement-Band zu Bode's astron. Jahrbüchern*, S. 1-66.

de l'orbite lunaire. M. *Bürg* a donc conservé ces équations dans ses tables envoyées au bureau des longitudes de France; mais M. *La Place* ¹ a publié, depuis, des équations pour la latitude de la lune, déduites de la seule théorie de la gravitation universelle. Ce grand géomètre croit qu'il est plus sûr de s'en tenir aux résultats de l'analyse, qu'à des observations difficiles à combiner. MM. *Delambre* et *Bürg* sont du même avis ²; et M. *Triesnecker* ³, par de nombreux calculs d'occultations d'étoiles, trouve des équations de la latitude, qui s'accordent très-bien avec les résultats théoriques publiés par M. *La Place*.

Les astronomes les plus célèbres sont moins d'accord sur un autre élément également important pour la détermination de la latitude de la lune; je veux dire, sur la longitude du nœud. M. *Bürg* l'admet, pour 1802, de $0^{\circ} 5^{\circ} 23' 43''.3$; M. *Triesnecker*, de $0^{\circ} 5^{\circ} 24' 27''.1$; M. *Bouvard* ⁴, par un grand nombre d'observations, de $0^{\circ} 5^{\circ} 22' 49''.8$.

Les différences s'élèvent, par conséquent, jusqu'à une minute et demie, ce qui peut changer la latitude de la lune de $8''$, si cet astre se trouve près de ses nœuds. Si l'on ajoute à cela, que la longitude peut être en erreur de $10''$, il en résulte que les latitudes calculées d'après les tables de M. *Bouvard* et de M. *Triesnecker*, peuvent varier de neuf secondes. Cependant, M. *Bürg* n'estime le maximum de l'erreur, dans la latitude de la lune, qu'à $5''$ ou $6''$; M. de *Lindenau* l'évalue à $8''$.

De plus, M. *Bouvard* augmente de deux minutes le mouvement séculaire du nœud, adopté par M. *Bürg*, dans ses tables lunaires. Dans l'espace d'un siècle, on trouvera déjà une différence de onze secondes dans la latitude de la lune, calculée d'après les tables de M. *Bürg*, ou les éléments donnés par M. *Bouvard*. Ce point mérite d'être examiné avec le plus grand soin.

Diamètres des Planètes supérieures ⁵.

MARS.

M. *Rochon* ⁶ trouva, en 1777, le diamètre de Mars de $10''.2$ (la planète étant

¹ *Mécanique céleste*, T. III, p. 283.

² *Tables astronomiques*; introduction. *Zsch, Monathliche Correspondenz*, für 1804, septembre, S. 233.

³ *Tables lunaires* 1803.

⁴ *Supplément aux Tables de la lune de M. Bürg*, Table 1.

⁵ Voyez un excellent Mémoire de M. *Wurm*, sur les diamètres des Planètes, dans le II.^e Supplément-Band zu *Bode astron. Jahrbüch. ra.* Je me borne à citer les résultats des observations les plus récentes.

⁶ *Astronomie de Lalande*, T. II, §. 1392.

dans sa distance moyenne à la terre } M. *Herschel*¹, d'après trois observations, le fixe à $8^{\circ},943$; M. *Schröter*², par des mesures micrométriques, à $9^{\circ},91$; M. *Triesnecker*³, par la durée de son entrée au disque de la lune, à $9^{\circ},156$; *Lalande*⁴, par la même observation, à $7^{\circ},1$; *Köhler*⁵, par plusieurs observations faites au moyen d'un micromètre, à $9^{\circ},0964$.

JUPITER.

M. *Rochon*⁶ trouva, par son micromètre de cristal de roche, pour le diamètre équatorial de Jupiter, lors de sa distance moyenne au soleil, $37^{\circ},7$; *Köhler*⁷ fixe cette quantité à $35^{\circ},282$ et à $35^{\circ},874$; M. *Schröter*⁸, à $35^{\circ},162$; M. *de Zach*⁹, par la durée du passage de la planète au méridien, à $37^{\circ},418$, et par l'observation de l'occultation du 23 septembre 1795, à $37^{\circ},721$; M. *Wurm*¹⁰, par l'occultation du 7 avril 1792, à $35^{\circ},940$; *Fürthmiller*¹¹, par une occultation, à $35^{\circ},711$. M. *Bouvard*¹², dans ses tables de Jupiter, suppose le diamètre de cette planète de $38^{\circ},232$. Le terme moyen de ces différentes déterminations est de $35^{\circ},6$; les écarts s'élèvent à 2° autour de la moyenne.

SATURNE.

Le diamètre équatorial de Saturne (la planète étant dans sa distance moyenne au soleil) est, d'après les observations de M. *Rochon*¹³, de $16^{\circ},9$; d'après M. *de Zach*¹⁴, de $13^{\circ},10$; et d'après M. *Bugge*¹⁵, de $9^{\circ},48$ à $13^{\circ},09$; M. *Herschel*¹⁶, par des mesures faites au moyen d'un micromètre, fixe le

¹ *Philosophical Transactions, for the year 1784*, p. 233.

² *Bode astron. Jahrbuch, für 1802*, S. 104.

³ *Zach, Geog. Ephemeriden*, B. IV, S. 394.

⁴ *L. citato* B. II, S. 255.

⁵ *L. citato* B. II, S. 491.

⁶ *Astronomie de Lalande*, T. II, §. 1393.

⁷ *Bode astron. Jahrbuch, für 1793*, S. 129, für 1796, S. 177.

⁸ *L. c.*, für 1790, S. 195.

⁹ *L. c.*, für 1795, S. 249, für 1799, S. 133.

¹⁰ *II. Supplement-Band zu Bode's astron. Jahrbuchern*, S. 9.

¹¹ *Bode astron. Jahrbuch, für 1791*.

¹² *Tables de Jupiter*, table XLVII.

¹³ *Astronomie de Lalande*, T. II, §. 1393.

¹⁴ *Bode astron. Jahrbuch, für 1793*, S. 35.

¹⁵ *L. c.*, S. 96.

¹⁶ *L. c.*, S. 216.

diamètre de Saturne à $20^{\circ},56$; tandis que M. de Zach¹, par ses dernières observations, ne le trouve que de $15^{\circ},6$. M. Calandrelli s'arrête à $16^{\circ},1$; et Cesaris, à $21^{\circ},0^2$.

Quant aux erreurs de la latitude des planètes, calculée par les tables, on peut s'attendre à trouver des différences de $8''$ entre l'observation et le calcul. Il en est de même des latitudes des étoiles; il n'en existe qu'un très-petit nombre, dont la latitude est sûre à $1''$ ou $2''$.

Si les étoiles occultées se trouvent près des Colures des tropiques, l'on ne peut souvent pas répondre de $4''$, parce que, dans cette position, l'obliquité de l'écliptique exerce sa plus grande influence sur la latitude calculée des astres.

Il résulte donc de toutes ces discussions que, dans les calculs parallaxiques, les erreurs des éléments tirés des tables peuvent atteindre les valeurs suivantes :

Pour la correction du demi-diamètre du soleil,	$2''$.
du demi-diamètre de la lune,	$2''$.
du diamètre de Mars.....	$1''$.
du diamètre de Jupiter.....	$2''$ à $3''$.
du diamètre de Saturne.....	$4''$ à $5''$.
de la parall. horiz. de la lune,	$3''$.
de la latitude de la lune,	$5''$ à $8''$.

Si, dans les calculs parallaxiques, la valeur des corrections surpasse les limites indiquées, on aura lieu de croire que les observations qui ont fourni les équations, ne sont pas exemptes d'erreurs, plutôt que de chercher la cause des différences dans l'état actuel de nos tables astronomiques.

Mais ce n'est pas seulement l'incertitude des éléments, c'est l'observation elle-même qui offre de grandes difficultés à surmonter. Les montagnes très-élevées que l'on observe au bord de la lune, peuvent cacher une étoile plusieurs secondes de temps avant qu'elle s'occulte derrière le vrai disque de la lune. L'observation la plus curieuse de ce genre a été faite à Dantzick, par Koch³, le 7 mars 1794. Cet observateur habile, a vu disparaître Aldebaran trois fois pendant l'espace de 12 ou 15^{''} : des observations dans lesquelles l'étoile rase pour ainsi dire le bord de la lune, sont peu propres à déterminer

¹ Zach, *Monatliche Correspondenz*, für 1800, Julius, S. 69.

² *Ephemeridi de Milano*, 1799.

³ *Bode astron. Jahrbuch*, für 1797, S. 160.

avec exactitude les longitudes terrestres; mais les inégalités du bord de la lune peuvent avancer ou retarder de plusieurs secondes de temps l'immersion ou l'émersion, même lorsque l'étoile passe tout près du centre de la lune; et cette différence n'est malheureusement pas la même, pour tous les lieux de la terre. M. *Triesnecker*¹, à Vienne, a vu une étoile, de la constellation des Gémeaux, se cacher derrière une montagne de la lune, tandis que M. *Bode* et moi, à l'observatoire royal de Berlin, nous en observâmes l'immersion au *bord vrai*. MM. *Schröter* et *Bessel*² ont vu, le 16 juin 1806, trois montagnes de la lune devant le disque du soleil; la plus grande de ces montagnes avoit une hauteur de 3^o,972, ou de 0,972 milles géographiques ou de 3697 toises. MM. *Herschel* et *Schröter*³ ont fait des observations analogues lors de l'éclipse de soleil du 5 septembre 1793.

Ces inégalités du bord de la lune, ces échancrures observées par M. *Schröter*⁴, exposent d'autant plus à l'erreur, qu'il est très-difficile d'en tenir compte dans le calcul parallaxique. Les astronomes, loin d'évaluer la hauteur apparente des montagnes de la lune, souvent n'indiquent pas même si l'immersion s'est faite dans un point où le bord n'offroit aucune inégalité. Les erreurs seront d'autant plus grandes que des plateaux élevés peuvent se projeter de manière qu'il est presque impossible de savoir si l'étoile s'est occultée derrière le vrai bord.

Pour calculer des observations d'éclipses du soleil, il faut connoître les demi-diamètres des deux astres. M. de *Lindenau*⁵ trouve, par de nombreuses observations de MM. *Maskelyne* et *Piazzi*, que le demi-diamètre polaire du soleil surpasse de $\frac{3}{4}$ son demi-diamètre équatorial. D'après cette considération, il faudroit calculer d'avance la latitude héliographique du point qui, lors du commencement ou de la fin de l'éclipse, se trouve en contact optique avec le disque de la lune, pour déterminer le diamètre elliptique du soleil, correspondant à cette latitude, et qui peut varier considérablement pour différents lieux de la terre. M. *Delambre*⁶ observe que les différences trouvées entre le diamètre vertical et le diamètre horizontal du soleil, ne résultent peut-être

¹ *Bode astron. Jahrbuch für 1810*, S. 191.

² *L. c.*, sur 1809, S. 195.

³ *Philosophical Transactions for the year 1794*, p. 39 et 262.

⁴ *Selenotopographische Fragmente, Abschnitt I; Abtheilung IV.*

⁵ *Zach, Monatliche Correspondenz 1809, junius*, S. 529.

⁶ *Ibid.*, 1810, S. 198.

Astronomie.

que de la circonstance que les astronomes de Greenwich n'ont pas ajouté aux distances zénithales la demi-épaisseur du fil. Mais les observations de M. Piazzi, corrigées de l'épaisseur du fil, présentent aussi une différence de 2".

En déterminant la longitude de Wiborg, par les observations de l'éclipse du soleil du 17 août 1803, j'ai trouvé qu'un changement d'une seule seconde dans la valeur du demi-diamètre des astres produisoit une différence de 30" en temps dans la longitude terrestre. Tout ce que nous venons de dire sur la figure du disque solaire, peut aussi s'appliquer à l'aplatissement des planètes.

Celui de Jupiter fut trouvé par Pound de $\frac{1}{15}$ à $\frac{1}{12}$, par Short de $\frac{1}{12}$, par Cassini de $\frac{1}{11}$. MM. Herschel et Bugge l'évaluent à $\frac{1}{12}$. M. Wurm fixe, d'après les observations de Newton, de Zach et de Cassini, le petit axe de Jupiter à 0,93341; le grand axe étant = 1. Clairaut le trouve de 0,900; M. La Place le fait de 0,9286992, conformément à la théorie de la gravitation universelle. M. de Zach s'arrête à 0,94213; ce nombre est le résultat d'une mesure héliométrique².

Saturne est aplati comme Jupiter, mais l'anneau qui l'environne rend très-difficile l'observation d'une occultation de Saturne par la lune, et, dans le calcul parallaxique, on néglige l'aplatissement de la planète. Quant aux autres planètes, il faut déterminer leurs rayons elliptiques, correspondans au point de leurs disques, qui entre en contact avec le bord de la lune.

Une illusion optique assez singulière fait quelquefois paroître l'étoile, pendant plusieurs secondes de temps, collée sur le disque de la lune, avant que l'immersion ait lieu. Lorsque ce phénomène se présente à la fois à tous les observateurs, il ne change en rien les différences de longitude déduites des observations correspondantes. La Hire attribuoit ce phénomène à un cercle de dissipation qui entoure le vrai disque de la lune, tandis que Grimaldi le regardoit comme l'effet d'une diffraction des rayons. Newton et Delisle ont confirmé la première opinion³; mais M. Soldner⁴ a tâché de prouver que le phénomène observé

¹ Bode astron. Jahrbuch für 1793, S. 98. Astronomie par Lalande, T. III, §. 3314. Philosophical Transactions for the year 1786, p. 233.

² II^{me} Supplement-Band zu Bode's astron. Jahrbüchern, S. 14. Connaissance des Temps, pour 1792. Bode's astron. Jahrbuch für 1793, S. 133.

³ Grimaldi physico-mathesis de lumine, 1655. Newton, optice, p. 112. Smith a complete system of opticks, T. 1, p. 251.

⁴ Bode astron. Jahrbuch für 1804, S. 170.

par *Feuillée* et *la Hire*¹, est dû plutôt ou à une *diffusion* des rayons, ou à l'atmosphère de la lune dont *Euler*² avoit tâché de prouver l'existence. *M. Schröter*³ a vu plusieurs fois *Aldebaran* collé sur le disque de la lune. L'observation étoit favorisée par la circonstance que la lumière rougeâtre de cette étoile se détache de la lumière plus blanchâtre de la lune.

*M. Flaugergues*⁴ a proposé une équation particulière, relative à la propagation successive de la lumière. Il a cru que ; dans le calcul des occultations d'étoiles, il faudroit tenir compte du temps que la lumière emploie pour venir de la lune à la terre. Mais *MM. de Zach* et *Wurm*⁵ ont déjà fait voir que cette propagation successive n'a aucune influence sur la détermination des longitudes, parce qu'elle affecte toutes les observations de la même manière.

Le père *Fixmilcker*⁶, astronome de *Cremsmünster*, a employé, dans le calcul des éclipses et des occultations d'étoiles, les lieux géocentriques du soleil et des étoiles, dégagés de l'aberration et de la nutation. *M. Triesnecker*⁷ observe avec raison que cette innovation peut causer de graves erreurs.

Nous avons indiqué plus haut comment, au moyen de trois équations de la forme $\alpha x + \beta y + \gamma z = A$, on parvient à trouver les valeurs des trois coefficients indéterminés. Si l'on a un certain nombre d'équations n , et si l'on veut les combiner $\frac{n \cdot n - 1 \cdot n - 2}{1 \cdot 2 \cdot 3}$ fois, il est assez rare que l'on obtienne des résultats satisfaisans. Généralement on est obligé de se contenter de la détermination d'un ou de deux coefficients, en supposant exemptes d'erreurs la parallaxe de la lune. En calculant la longitude de *Madrid*, par l'observation d'une éclipse de soleil, faite, le 16 juin 1806, dans cette ville, à *Munich* et à *Utrecht*, j'ai trouvé les trois équations suivantes :

$$-8^{\circ},6 + 6,10 x + 4,84 y - 1,66 z = 0$$

$$-5^{\circ},6 + 6,20 x + 5,14 y - 1,82 z = 0$$

$$-2^{\circ},6 + 4,24 x + 2,17 y + 0,04 z = 0$$

¹ *Mémoires de l'Académie des sciences, pour 1693*, p. 78 et 152. *Journal d'Observations, etc.*, du père *Feuillée*, T. I, p. 533; T. II, p. 543.

² *Mémoires de l'Académie des sciences de Berlin*, pour 1748, p. 103.

³ *Bode astron. Jahrbuch für 1796*, S. 193.

⁴ *II.¹⁸⁰⁷ Supplement-Band zu Bode astron. Jahrbüchern*, S. 72.

⁵ *L. c.*, S. 73.

⁶ *Decennium astronomicum. Ephemerides astronomicae Fuldobonenses anni 1790*, p. 400.

⁷ *Ephemerides astronomicae Fuldobonenses anni 1795*, p. 330 et suiv.

par conséquent, $x = 18''$, $y = -34''$, $z = -32''$, trois corrections des élémens du calcul, qui sont beaucoup trop grandes pour que l'on puisse les adopter.

En supposant x et $z = 0$, nous aurons pour y les valeurs suivantes : $+1''{,}8 + 1''{,}1 + 1''{,}2$; ou bien en supposant y et $z = 0$, l'on aura, pour x : $+1''{,}4 + 0''{,}9 + 0''{,}6$. Les deux hypothèses donnent le même résultat pour la longitude de Madrid.

Les observations de l'éclipse de soleil du 5 septembre 1793 fournisoient les équations suivantes :

$$\text{Les observations faites à Berlin, } 5''{,}67 + 4{,}428 x - 0{,}269 y + 1{,}222 z = 0$$

$$\text{à Harefield, } 5''{,}34 + 4{,}486 x - 0{,}779 y + 1{,}431 z = 0$$

$$\text{à Wang, } 4''{,}29 + 4{,}428 x - 0{,}309 y + 0{,}485 z = 0$$

En adoptant les trois équations, nous trouvons $x = -1''{,}37$, $y = 0''{,}58$, $z = 2''{,}29$.

Si, au contraire, on vouloit déterminer les coefficients par trois observations faites à *Lillienthal*, à *Christiansund* et à *Copenhague*, l'on auroit les trois équations suivantes :

$$8''{,}93 + 4{,}43 x - 0{,}59 y + 1{,}17 z = 0$$

$$-15''{,}25 + 4{,}42 x + 0{,}02 y + 0{,}79 z = 0$$

$$-19''{,}52 + 4{,}42 x - 0{,}04 y + 0{,}89 z = 0$$

Les valeurs des coefficients indéterminés, déduites de ces dernières équations, s'accordent très-mal avec celles que nous avons trouvées par les trois premières, et cependant nous n'avons aucune raison de donner la préférence aux observations de *Berlin*, *Harefield* et *Wang*, toutes ayant été indiquées comme *bonnes*.

Je pourrois multiplier beaucoup ces exemples; mais ceux que nous venons d'indiquer suffisent pour prouver que la méthode de déterminer la valeur de trois coefficients, par autant d'équations, ne peut être que *très-rarement* employée avec succès, et que généralement il est plus prudent de se borner à la détermination des coefficients x ou y . On pourroit découvrir, il est vrai, l'erreur de la latitude de la lune, par des observations faites au méridien, pour éliminer le coefficient de y . Mais si, par cette opération, l'équation $a x + y z$ ne se réduit pas à *zéro*, on est sûr que la parallaxe et le demi-diamètre de la lune ont besoin de correction, et que l'erreur de la latitude de la lune n'a point encore été déterminée avec assez d'exactitude. Il faudra donc commencer par chercher, de nouveau cette latitude, en

employant la parallaxe et le diamètre corrigés; puis on introduira la correction de latitude y dans les équations, et l'on trouvera, pour la seconde fois, des valeurs de x et z : si l'équation ne se réduit pas encore à zéro, on sera obligé de recommencer une troisième fois les calculs, et l'on continuera ainsi jusqu'à ce que l'on trouve un résultat satisfaisant. Ce procédé est très-compiqué, et présente des difficultés qu'il n'est pas aisé de surmonter.

Dans les recherches que j'ai faites sur la géographie de la partie occidentale de l'Allemagne, j'ai tâché de déterminer exactement la longitude du château de *Weissenstein*, près de Cassel, une des stations des opérations géodésiques de M. de *Zach*. M. de *Schmettau* a observé, au *Weissenstein*, outre les signaux à poudre, l'éclipse de soleil du 17. août 1803¹. Les observations correspondantes faites à *Paris*, donnent, pour la longitude de *Weissenstein*, $28^{\circ} 14', 89'' - 0,363 x - 0,487 y - 0,073 z$. Les coefficients de x et y étant encore très-considérables, j'ai cherché à détruire leur influence; j'ai soumis au calcul les observations faites à *Lilienthal*, et j'ai trouvé, pour la longitude,

$$\begin{array}{r} 28^{\circ} 11', 08'' + 0,351 x + 0,459 y + 0,180 z \\ 28^{\circ} 14', 89'' - 0,363 x - 0,487 y - 0,073 z \end{array}$$

$$\text{Longitude de } \textit{Weissenstein}, 28^{\circ} 13', 44'' - 0,006 x - 0,024 y + 0,053 z$$

Il en résulte que les valeurs les plus grandes de x , y et z , n'ont changé en rien la véritable longitude de *Weissenstein*; aussi s'accorde-t-elle fort bien avec les résultats des signaux à poudre, qui donnèrent $28^{\circ} 15', 3''$. M. *Triesnecker* fixe cette longitude à $28^{\circ} 14', 4''$; et M. *Wurm*, à $28^{\circ} 13', 6''$.

Cette même éclipse me donna, pour la longitude de *Ratisbonne*, les résultats suivans: en comparant l'observation faite à *Ratisbonne*, avec celle

$$\text{de } \textit{Lilienthal}, 38^{\circ} 50', 86'' + 0,649 x + 0,831 y - 0,438 z$$

$$\text{de } \textit{Prague}, 38^{\circ} 55', 14'' + 0,167 x + 0,222 y - 0,086 z$$

$$\text{de } \textit{Cremmünster}, 38^{\circ} 54', 10'' - 0,084 x - 0,124 y + 0,051 z$$

on obtient, par les deux dernières observations, pour la longitude de *Ratisbonne*, $38^{\circ} 54', 62'' + 0,041 x + 0,049 y - 0,018 z$. On voit par là qu'on s'exposeroit à des erreurs plus graves, en comparant l'observation de *Ratisbonne* à celle de *Lilienthal*, qu'en la comparant aux autres observations correspondantes.

¹ *Zach*, *Monatliche Correspondenz* für 1803, oct., S. 352.

² *L. c.*, für 1801, oct., S. 293.

³ *L. c.*, für 1806, oct., S. 352. *Ephemerides astronomicæ* anni 1806, p. 270.

Il est bien difficile de donner des règles générales pour la méthode à suivre dans les calculs parallaxiques : il faut examiner soigneusement les circonstances particulières dans lesquelles les observations correspondantes ont été faites; il faut considérer surtout l'influence de l'aplatissement local. Dans tous les cas, il sera utile de faire un calcul préalable, pour voir si les valeurs de x , y et z peuvent changer considérablement la différence de longitude. Il suffira ordinairement de calculer les observations faites au nord et au sud du parallèle du lieu dont on veut déterminer la longitude.

Les erreurs des élémens n'influenceront que très-peu sur le résultat des calculs parallaxiques, si les lieux dans lesquels les observations ont été faites, quoique très-éloignés en longitude, sont à peu près placés sous le même parallèle. En déterminant la longitude de *Valence*, en Espagne, je l'ai trouvée, par des observations correspondantes faites dans cette ville et à Paris, de $11^{\circ} 3', 1'' \pm 0,631x - 1,050y + 0,310z$. Comme la valeur des coefficients x et y auroit pu changer cette longitude de dix secondes, j'ai soumis au calcul des observations correspondantes faites à Palerme par M. Piazzi, et j'ai trouvé, pour la longitude de Valence, $11^{\circ} 2', 41'' \pm 0,099x + 0,079y - 0,311z$, en supposant la longitude de Palerme de $44^{\circ} 6''$. Posons $x = 4''$, $y = 8''$ et $z = 2''$; la longitude de Valence ne changera que d'une seconde et demie, même dans le cas peu probable que toutes les erreurs conspirent dans le même sens : cependant la distance de Palerme et de Valence est d'environ 260 lieues, et la différence des latitudes de $3^{\circ} 22'$. L'observation de Vienne, comparée à celle de Paris, offre l'équation suivante pour la différence des méridiens : $56' 13'', 76'' - 0,027x - 0,039y - 0,258z$. Dans ce cas, les erreurs des élémens n'ont aucune influence sensible sur la longitude.

Cette manière de combiner les observations faites sur le même parallèle, présente encore un autre avantage très-essentiel. On sait que les mesures des arcs du méridien paroissent indiquer que les degrés de latitude n'appartiennent pas au même sphéroïde, mais qu'elles indiquent des aplatissemens très-différens. Nous serons donc obligés de supposer, pour chaque parallèle, un aplatissement particulier, lorsqu'il s'agit de calculer des observations dépendantes de la figure de notre planète. La grandeur de ces aplatissemens locaux n'étant pas connue par des observations suffisamment exactes, il est utile de combiner des

* L'observation de M. Delambre donne $56' 9'', 46''$ pour la longitude de Vienne; résultat qui ne s'écarte que d'une demi-seconde de la véritable longitude de cette capitale.

observations faites sur des parallèles très-rapprochés les uns des autres ; car les irrégularités de la figure de la terre auront d'autant moins d'influence sur les résultats de longitude, que la différence de latitude sera moindre entre les lieux d'observation. Souvent, sans avoir recours à des observations correspondantes, on peut se servir des circonstances d'une seule observation complète, pour détruire les erreurs des tables. Par exemple, l'éclipse de soleil, observée à Lilienthal, le 17 août 1803, donna, en la comparant à l'observation de Fienne, pour la différence de méridiens, les résultats suivans :

Par l'observation du commencement,	$29^{\circ} 52' 89'' - 0,492 x - 0,769 y + 0,459 z$
de la fin.....	$29^{\circ} 52' 65'' + 0,687 x + 0,887 y - 0,511 z$
Terme moyen, Lilienthal à l'O. de Fienne,	$29^{\circ} 52' 77'' + 0,098 x + 0,059 y - 0,056 z$
Lilienthal à l'E. de Paris,	$26^{\circ} 17' 33'' - 0,098 x - 0,059 y + 0,056 z$

Les méthodes par lesquelles on tâche de corriger les erreurs des élémens, sont d'autant plus difficiles à employer, que les observations d'occultations et d'éclipses n'ont pas toujours toute l'exactitude requise. L'immersion d'une étoile à la partie non éclairée de la lune, peut être observée à une demi-seconde près ; mais les erreurs s'élèvent à plusieurs secondes, lorsque l'occultation a lieu au bord éclairé. Comme il est très-difficile de déterminer d'avance le point auquel se fait l'émersion de l'étoile, M. Darquier¹ a proposé de monter la lunette sur une machine parallactique, et de disposer l'instrument de manière que l'étoile, avant l'immersion, suive le fil équatorial. Les éclipses du soleil offrent les mêmes incertitudes. Il est presque impossible d'observer le premier contact optique des limbes, et l'on ne reconnoît généralement l'entrée du disque lunaire que par une échancreure sur le disque solaire, qui est plus ou moins grande, selon la bonté des instrumens employés. Le chevalier de Louville², et récemment encore MM. David et Heinrich³, assurent avoir vu que, quelques minutes avant le commencement de l'éclipse, « l'atmosphère s'obscurcissoit sensiblement vers le point du disque solaire où

¹ *Histoire céleste de Lalande*, T. I, p. 410.

² *Mémoires de l'Académie des sciences*, pour 1715, p. 94. « L'on s'apercevoit, dit-il, très-sensiblement « qu'à mesure que quelque endroit du soleil s'approchoit du bord oriental de la lune, il pâlissoit « considérablement, et sembloit annoncer par avance qu'il alloit s'éclipser. »

³ *Zach, Monatliche Correspondenz für 1803*, oct., S. 338. *Trienacker, astronomische Beobachtungen*, 2.^{de} Sammlung, S. 17.

le premier contact optique devoit se faire, de sorte qu'il étoit facile d'y diriger l'œil et de saisir exactement le moment où les deux limbes se touchoient. » D'autres observateurs, également habiles, ne font pas mention de ce phénomène extraordinaire; tous s'accordent cependant à admettre * que, même dans les circonstances les plus favorables, le commencement d'une éclipse de soleil ne peut guère être observé qu'avec l'exactitude de $4''$ ou $5''$ en temps.

Ces considérations tendent à prouver qu'il est bien difficile de réunir des observations complètes propres à corriger les élémens du calcul parallaxique. Il faut se contenter le plus souvent de déduire les longitudes géographiques soit des immersions, soit des émerisions seules, en supposant exacte la parallaxe de la lune, telle qu'elle est donnée par la théorie de M. Le Place.

Il me reste à rendre compte des moyens employés pour corriger les résultats du calcul parallaxique, dans les cas où l'on ne peut se procurer des observations correspondantes complètes. Ces moyens se réduisent aux trois points suivans :

- 1.^o Déterminer la latitude de la lune, en connoissant, par des observations de passage, l'erreur de sa longitude, calculée d'après les tables.

Soit le temps de la conjonction de la lune et de l'astre éclipsé, tel qu'il résulte de la comparaison de la longitude corrigée de la lune et de la longitude connue de l'étoile et du soleil, $= T$; et le temps de la conjonction, calculé par l'observation de l'immersion ou de l'émerision, $= \tau \pm \beta y$, nous aurons :

$$T = \tau \pm \beta y \text{ et }$$

$$y = \frac{T - \tau}{\beta}$$

On obtiendra des résultats assez exacts, si la longitude de l'étoile éclipsée est suffisamment connue, et si la valeur de β est considérable. Comme il est difficile de déterminer au mural la hauteur absolue à $2''$ ou $3''$ près, on est en droit de prendre la moyenne des résultats obtenus par ces deux méthodes. Le demi-diamètre de la lune, x , est souvent difficile à déterminer : car ce n'est qu'au temps de la pleine lune, qu'on observe directement l'ascension droite du centre de la lune. Dans tout autre temps, il faut

* M. Maskelyne a l'habitude d'appliquer au calcul du commencement d'une éclipse de soleil une correction de $5''$, qu'il appelle correction du contact optique. Voyez aussi *Hell, Ephém. astr.* anné 1765, p. 281.

emprunter des tables le demi-diamètre, pour en déduire l'ascension droite du centre.

2.^o *Déterminer la latitude de la lune, ayant observé les immersions ou les émergences de deux étoiles.*

Les catalogues d'étoiles donnent la différence de longitudes des étoiles occultées. Cette différence, réduite en temps = ΔT , doit être, en tenant compte des inégalités du mouvement de la lune, égale à la différence des temps de la conjonction de ces étoiles avec la lune. Les observations donnent, pour la différence des temps de la conjonction, $\tau'' - \tau' + \beta'' y - \beta' y$; par conséquent,

$$y = \frac{\Delta T - (\tau'' - \tau')}{(\beta'' - \beta')}.$$

M. Ellicot observa à Lancaster, en Pensylvanie, les immersions de Maya et de Taygeta des Pléiades. Je me suis servi de cette occultation pour déterminer la longitude de la Havane, où MM. de Humboldt, Galiano et Robredo ont fait un grand nombre d'observations. J'ai trouvé le temps de la conjonction pour Maya : $\tau' = 9^h 37' 38''.8 - 0,198 y$; pour Taygeta, $\tau'' = 9^h 50' 52''.70 - 1,278 y$. Les tables donnent $\Delta \tau = 13' 6''.45$; donc

$$y = \frac{13' 6''.45 - 13' 8''.50}{1,08} = -2''.0.$$

Cette méthode sert aussi à corriger le demi-diamètre de la lune.

3.^o *Déterminer la correction de la latitude de la lune, lorsque plusieurs observations ont été faites dans des lieux dont la différence des longitudes est connue.*

Soit la différence des méridiens des lieux où les observations ont été faites = D ; nous aurons :

$$y = \frac{\Delta - (T - \tau)}{(\beta'' - \beta')},$$

expression dans laquelle T et β' se rapportent au lieu le plus oriental. Pour pouvoir employer cette méthode avec succès, il faut que le temps soit très-exactement connu, et que les deux lieux d'observations soient situés sous des parallèles très-différens, pour que les coefficients de β' et β'' aient des valeurs

Astronomie.

très-différentes. En calculant l'occultation d'Aldebaran, du 21 octobre 1793, j'ai trouvé, par des observations faites à Paris et à Palerme,

$$T = 18^h 35' 21^s,39 + 0,091 y, \tau = 17^h 51' 10^s,32 + 1,024 y, \Delta = 44' 6'';$$

$$\text{par conséquent, } y = \frac{44' 6'' - 44' 11,07}{-0,955} = + 5^s,45.$$

En déterminant la longitude de Valence, par l'observation de l'immersion de π du 17 juillet 1804, comparée à celle de Prague, je l'ai trouvée de $11' 5^s,64 + 0,842 y$. Comme le coefficient de y est encore assez grand pour rendre douteuse la longitude de $6''$ à $7''$, j'ai tâché de découvrir la valeur de y . Aucune observation n'ayant été faite le même jour au méridien, j'ai calculé l'observation correspondante de Vienne, et j'ai obtenu les résultats suivans :

$$T = 10^h 49' 40^s,33 + 2,153 y, \tau = 10^h 41' 52^s,29 + 2,412 y, \Delta = 7' 50'';$$

$$\text{par conséquent, } y = \frac{7' 50'' - 7' 48^s,02}{-0^s,303} = - 6^s,5.$$

La véritable longitude de Valence est donc $11' 0^s,3$, ou $11' 1^s,2$ en faisant la réduction à la cathédrale; résultat qui s'accorde, à une demi-seconde près, avec celui tiré des opérations géodésiques de Méchain.

La même méthode sert à corriger le demi-diamètre et la parallaxe de la lune; mais il sera prudent de ne développer que la valeur du coefficient qui a la plus grande influence sur la longitude du lieu dont on veut fixer la position. On pourroit, il est vrai, déterminer, par trois équations, les valeurs des coefficients x , y et z ; mais les observations et les différences des méridiens offrent rarement assez d'exactitude pour que l'on puisse employer ce moyen.

En parlant du calcul des observations sujettes à la parallaxe, j'ai passé sous silence les méthodes analytiques de Du Séjour qui, malgré leur élégance, offrent cependant peu d'avantage aux calculateurs. Elles exigent une attention pénible à l'égard des signes, et ne présentent aucun de ces moyens de vérification partielle qui rassurent dans des calculs longs et compliqués. Tempelhoff¹ publia aussi, en 1772, une *méthode analytique* pour calculer les observations d'éclipses de soleil et d'occultations d'étoiles. On trouve, d'après ses formules, deux valeurs pour le temps de la conjonction des astres, dont l'une est absolument fautive; c'est au calculateur à les distinguer

¹ *Genane Berechnung der Sonnenfinsternisse und Bedeckungen der Sterne vom Monde*, 8.^e 1772. *Bode's astronomisches Jahrbuch für 1781*, S. 150 et suiv.; für 1783, S. 125.

l'une de l'autre. Les méthodes analytiques d'Euler¹, de MM. La Grange², Goudin³, Chabrol et Schubert⁴, servant à réduire au centre de la terre les observations sujettes aux parallaxes, offrent les mêmes difficultés que celles de Du Séjour : elles ne laissent rien à désirer sous le rapport de l'exactitude, mais le calculateur préfère les méthodes trigonométriques.

En déduisant les longitudes terrestres des observations d'occultations d'étoiles ou des éclipses de soleil, il s'agit de déterminer la position géocentrique de la lune par rapport à l'astre éclipsé. Toutes les coordonnées peuvent servir à atteindre ce but. Kepler employa la différence de longitude de la lune et de l'astre occulté. Grischow, Lalande, Lexell, Wurm et Trijesnecker, suivirent l'exemple de ce grand astronome, en rapportant la conjonction des astres à l'écliptique. Dans la méthode connue sous le nom de méthode de Gerstner, on rapporte le temps de la conjonction de la lune et de l'astre éclipsé à l'équateur. D'autres astronomes, et récemment encore M. Cagnoli⁵, rapportent la position de la lune et celle de l'astre éclipsé, non à l'écliptique, mais à l'horizon, en calculant leur distance apparente, vue de la surface de la terre. Ils commencent par déterminer cette distance pour un lieu dont la longitude est exactement connue, et ils en concluent la correction des tables; puis ils calculent la distance apparente pour le lieu dont on cherche à fixer la position. Si la distance est égale à la somme des diamètres apparens, la longitude supposée n'aura besoin d'aucune correction; dans le cas contraire, il faut, en employant des équations différentielles, changer cette longitude supposée, jusqu'à ce que l'on trouve une harmonie parfaite.

Les astronomes ne sont pas d'accord sur la manière de calculer le temps de la conjonction de la lune et de l'astre occulté. Grischow⁶ et Lalande⁷ supposent la parallaxe et le demi-diamètre de la lune exempts d'erreur; ils calculent d'abord le changement de la longitude et la latitude apparente de la lune pendant les temps de l'immersion et de l'émersion, c'est-à-dire (Tab. I, fig. 3) gi et $la = gf - il$, et $fa = gi \cos. lat. de la lune$. Puis, ils déterminent l'angle afl ,

¹ Mémoires de l'Académie des sciences de Berlin, pour 1767, p. 175.

² Bede's astronomisches Jahrbuch für 1781, S. 31; et pour 1782, S. 16.

³ Œuvres mathématiques de Goudin. Connoissance des temps pour l'an XV, p. 487.

⁴ Schubert's Astronomie, Band II, et surtout Bede's astron. Jahrbuch für 1803, S. 159.

⁵ Cagnoli, méthodes pour calculer les longitudes géographiques, etc., 1789, à Venise. Voyez aussi Trigonometria plana e spherica, edit. II.^a, §. 1622.

⁶ Mémoires de mathématiques et pûysique, T. I, p. 539.

⁷ Astronomie de Lalande, T. II, §. 1972 et suiv.

ou l'inclinaison de l'orbite apparente lors du temps de l'immersion, de même que le côté sf . Avec ce côté et la distance apparente des centres, ils trouvent les valeurs des angles $s1f$ et $e1f$, et enfin le côté se , ou la distance de la lune à la conjonction apparente. En appliquant la parallaxe de la longitude de la lune à cette distance divisée par le cosinus de la latitude apparente, l'on obtient le temps de la conjonction vraie: comptée sur l'écliptique. Un calcul analogue pour l'observation de l'émergence peut servir à vérifier celui qu'on a fait pour l'immersion. Je dis expressément, *vérifier*; car si aucune erreur ne s'est glissée dans le calcul de la première observation, il faut que les temps de la conjonction déduits de l'immersion et de l'émergence soient absolument les mêmes, quelque mauvaises que les observations puissent être. C'est justement cette dernière circonstance qui présente un grand désavantage dans la méthode suivie par Lalande. En calculant d'après cette méthode, l'on ne peut distinguer aucunement les observations bonnes des observations mauvaises; et si l'une des deux est douteuse, le temps de la conjonction devient également incertain. M. Lalande s'est aperçu lui-même de cet inconvénient: il conseille¹ de calculer, pour le temps de la conjonction, la latitude de la lune kk , telle qu'elle résulte des observations de l'immersion et de l'émergence. Si cette latitude est trouvée la même par plusieurs observations faites dans différens lieux de la terre, on aura lieu de croire que les observations sont bonnes. Cette règle ne servira pas toujours pour éviter les erreurs. Les observations complètes pèchent ordinairement dans le même sens, surtout celles qui ont été faites au bord éclairé de la lune: l'on observe l'immersion trop tôt et l'émergence trop tard; de sorte que les latitudes kk peuvent s'accorder très-bien ensemble, quoique les diverses observations desquelles ces latitudes sont déduites, soient affectées d'erreurs très-considérables. De plus, la vérification proposée est impraticable pour des observations isolées et faites dans des lieux dont la position géographique n'est pas suffisamment connue. L'exemple suivant servira à justifier ce que je viens d'avancer sur la méthode de Lalande.

M. de Lecog² observa, à Minden, le 25 février 1799, l'occultation de δ α pour en déduire la longitude de cette ville. M. Henry³, à Pétersbourg, trouva par la méthode de Lalande, le temps de la conjonction, par l'immersion,

¹ Bode's astronomisches Jahrbuch, II.^{ter} Supplement-Band, S. 201.

² Zach, Geographische Ephemeriden, Band III, S. 520.

³ Bode's astron. Jahrbuch für 1803, S. 234.

$18^h 12' 23''.4$; par l'émerison, $18^h 12' 23''.7$; ces deux conjonctions donnent, pour la longitude de Minden, $26' 34''.9$ en temps à l'est de Paris. M. *Triesnecker*² trouve cette longitude, par une autre méthode, de $25' 40''.1$ par l'immersion, et de $26' 27''.7$ par l'émerison. M. *Wurm*³ la fixe à $25' 41''.2 + 0,391 \gamma$, et $26' 27''.6 - 0,203 \gamma$. Les coefficients de γ étant ici très-petits, il faut qu'une des observations soit douteuse. L'émerison se fit au bord obscur de la lune ; elle mérite sans contredit la préférence, et donne la longitude de Minden de $26' 27''.7$, ou $7''.7$ plus grande que celle déduite des opérations géodésiques de M. Lecoq. Si, en deux lieux de la terre, l'on n'a observé que l'immersion ou l'émerison, la méthode de Lalande ne peut pas être appliquée du tout, à moins qu'on ne veuille calculer par les tables l'indinaison de l'orbite apparente de la lune. Lalande⁴ conseille, dans ce cas, de déterminer, par les *tables corrigées*, la distance apparente des deux astres, et de la comparer avec la distance *observée*, pour en conclure la longitude. Si ces deux distances ne s'accordent pas, la longitude supposée sera *fautive*, et il faudra recommencer le calcul.

Cette méthode, qui a beaucoup d'analogie avec celle des distances, et qui ne jette aucun jour sur l'erreur des élémens employés, offre peu d'avantage. Si, lors de l'occultation, l'orbite apparente de la lune est peu inclinée vers le plan de l'écliptique, les petites *distances apparentes* de la lune à l'astre changent très-irrégulièrement ; de manière qu'il ne suffit pas de prendre des parties proportionnelles pour interpoler les distances observées : on se verra obligé de calculer une troisième distance apparente, pour pouvoir employer les *secondes différences*. Il est des cas où ce calcul d'une troisième distance pourra être négligé ; mais il sera toujours beaucoup plus avantageux de réduire au centre de la terre la distance observée ; car on calcule avec moins de peine, par les tables, la distance géocentrique correspondante, que l'on ne change une distance géocentrique en une distance apparente.

*Lexell*⁵, membre de l'académie de Pétersbourg, a élevé le calcul parallactique au plus haut degré d'exactitude. Ce savant, aussi bon géomètre que calculateur infatigable, rapporte les positions de la lune et de l'astre éclipsé à l'écliptique ;

¹ *Ephemerides astronomicae* Vindobonenses anni 1801, p. 358.

² *Zach, Geographische Ephemeriden*, Band IV, S. 498.

³ *Astronomie*, T. II, §. 1988, 2.^e édit. Dans ce cas on pourroit aussi se servir de la *méthode des animates* proposée par Lalande, pour calculer la distance apparente des astres.

⁴ *Commentarii Academiae Petropolitanae*, T. XV, p. 600 et suiv. *Bede astrum. Jahrbuch für* 1776, S. 176.

mais la méthode qu'il emploie, diffère essentiellement de la méthode du *Nonagésime*, suivie par Lalande et par la plupart des astronomes. Il se sert de la parallaxe de hauteur de la lune et de l'angle que forment au centre de la terre le cercle vertical et le cercle de la latitude. Cet angle (que l'on a coutume de nommer l'*angle parallactique*) donne les parallaxes de longitude et de latitude. *Lexell* détermine l'*angle parallactique* par la somme ou la différence de l'*angle de position* et d'un autre angle formé par le cercle vertical et le cercle de déclinaison. M. *Feer* ¹ a proposé une méthode d'après laquelle on trouve l'*angle parallactique*, sans le diviser en deux parties. Cette méthode qui a été perfectionnée par M. *Wurm* ², se réduit, à ce qu'il me semble, à calculer l'angle parallactique et la hauteur de la lune, par la hauteur du *Nonagésime*, par sa distance à la lune, et par la latitude de cet astre. Ne vaudrait-il pas mieux déterminer directement les parallaxes de longitude et de latitude par la méthode ordinaire du *Nonagésime*, que par des détours et des calculs compliqués? Je passe sous silence les belles formules de M. *Bohnenberger* ³, d'après lesquelles on trouve aussi les parallaxes sans connoître le *Nonagésime*, et la méthode élégante que M. *Olbers* ⁴ a proposée récemment, et qui est d'une simplicité très-remarquable.

En 1788, l'Académie royale de Copenhague proposa un prix pour la solution de la question suivante : *Desideratur methodus, hucusque cognitæ expeditior et facilior, longitudines geographicæ ex observatis eclipsibus solis et fixarum à luna occultationibus computandi*. Ce prix a été accordé au Mémoire de M. *Cagnoli*, imprimé, en 1789, sous le titre de *Méthode pour calculer les longitudes géographiques d'après l'observation d'éclipses de soleil et d'occultations d'étoiles*. M. *Cagnoli* commence par calculer la longitude apparente de la lune et de l'astre éclipsé, en employant la méthode ordinaire du *Nonagésime*; il détermine ensuite, à l'aide de l'angle parallactique, la hauteur de la lune et son demi-diamètre apparent. Lorsque l'observateur a fait des mesures au moyen du micromètre, il faut calculer en outre l'angle formé par le vertical avec la ligne qui joint les centres, afin de pouvoir évaluer l'effet de la réfraction. Cette distance apparente doit être égale à celle que l'on

¹ *Bode's astron. Jahrbuch für 1788*, S. 158. Cette méthode de M. *Feer* me parait identique avec celle employée par *Recardi*, dans son traité : *Beobachtung der grossen Sonnenkinsternisse vom 1.^{er} april 1761*.

² *Wien*, für 1793, S. 147.

³ *Anleitung zur geographischen Ortsbestimmung*, etc., S. 351.

⁴ *Bode's astronomisches Jahrbuch für 1808*, S. 196.

a observée; si elle ne l'est pas, il faut échanger la longitude supposée jusqu'à ce que les deux distances s'accordent parfaitement ensemble. Ce procédé est précisément le même que celui proposé par *Mayer*¹, pour réduire les distances géocentriques en distances apparentes, au moyen de la longitude et de la hauteur du Nonagésime. *M. Cagnoli* regarde les parallaxes et le demi-diamètre des astres comme exempts d'erreur, et ne s'occupe qu'à déterminer les corrections de la longitude et de la latitude supposées; il reproche à l'ancienne méthode du Nonagésime l'embarras des équations des parallaxes pour le sphéroïde aplati, et il affirme que personne avant lui n'a pensé à lever cette difficulté². Nous devons faire observer ici que, long-temps avant *M. Cagnoli*, *Mayer* avoit publié une méthode par laquelle on débarrasse le calcul des éclipses de ces équations particulières des parallaxes, en corrigeant la latitude par l'angle de la verticale, avant de déterminer la hauteur et la longitude du Nonagésime³. Les formules données par *Euler*⁴, *Lexell*⁵ et *M. Delambre*⁶, offrent le même avantage; quant à la correction des élémens du calcul, la belle méthode d'*Euler* l'emporte évidemment sur celle de *Cagnoli*.

*M. Khigel*⁷ a proposé de donner une nouvelle forme au calcul parallactique. Il commence par réduire au centre de la terre la distance observée des deux astres; puis il trouve, par cette distance géocentrique, le temps de la conjunction rapporté à l'écliptique de la manière suivante: soit (Tab. I, fig. 4^e), A, l'astre supposé immobile; E, le pôle de l'écliptique; LM, l'orbite géocentrique de la lune; L et M, les points où se trouve la lune lors du temps de l'immersion et de l'émission de l'astre A. Comme on connoît les deux distances géocentriques observées AL et AM, les deux distances polaires de la lune EM et EL, et la distance polaire de l'astre A; on cherchera, par EM, EL et MEL, l'angle ELM; on y ajoutera l'angle ALM, calculé par les trois côtés du triangle MLA, et l'on obtiendra l'angle ELA. L'analogie $\sin. AE : \sin. AL = \sin. ALE : \sin. AEL$ fait connoître l'angle AEL. On réduit cet angle, en temps au moyen du

¹ *Methodus longitudinum pyrometa*, etc., p. 13.

² *Méthode pour calculer les longitudes*, p. 13.

³ *Commentarii Soc. reg. Gottingensis*, T. II, p. 167.

⁴ *Acta Academia Petropolitanae pro 1779*, Pars I, p. 242. *Bode's astron. Jahrbuch für 1783*, S. 4.

⁵ *Commentarii Academia Petropolitanae*, T. XV, p. 390. *Bode's astron. Jahrbuch für 1777*, S. 152.

⁶ *Icones Academiae scientiarum handlingarum* etc. 1788, p. 81.

⁷ *Collectio omnium observationum quæ occasione transitus Veneris per solem anno 1769 instituta fuerunt*, p. 325.

⁸ *Bode astron. Jahrbuch für 1803*, S. 93.

mouvement horaire de la lune; et, après l'avoir ajouté au moment où la lune étoit en contact avec l'astre A, on trouve le temps de la conjonction de ces deux astres. Si l'on n'a observé que l'immersion ou l'émission seules, l'on cherche dans le premier cas l'angle AEL, par les trois côtés AE, EL et AL; dans le second cas, on calculera l'angle MEA par les trois côtés ME, AE et MA. Cette méthode, proposée par M. *Kligel*, fait connoître exactement les erreurs de la longitude et de la latitude déduites des tables astronomiques; mais elle exige une attention minutieuse à cause de la multiplicité des triangles qu'il faut résoudre, et elle n'est guère plus courte que les méthodes anciennes usitées parmi les astronomes.

Jean Bernoulli¹, directeur de l'académie de Berlin, avoit commencé à construire des tables propres à faciliter le calcul des éclipses et des occultations. M. Pfaff², professeur d'astronomie à Dorpat, a annoncé qu'il avoit entrepris le même travail. Je pense que le calcul direct est plus simple et plus exact que celui que l'on feroit au moyen de ces tables auxiliaires.

On a reproché à toutes les méthodes de calcul parallactique que nous venons d'indiquer, d'exiger la connoissance préalable de la longitude du lieu, pour trouver la distance de la lune au Nonagésime. On leur reproche en outre de supposer exacte la latitude de la lune, et que, pour réduire cette latitude à un lieu quelconque de la terre, il faut connoître sa position géographique. Pour vaincre ces difficultés, M. *Carlini*³, un des astronomes de l'observatoire de Milan, a proposé une nouvelle méthode qui n'exige pas la connoissance de la longitude de la lune, et dans laquelle la latitude de cet astre n'influe que très-pen sur le résultat du calcul. M. Carlini se sert de la méthode du Nonagésime, mais il détermine les parallaxes pour la partie du disque de la lune, qui est en contact optique avec l'étoile; la longitude et la latitude de ce point du limbe sont égales à celles de l'étoile éclipsée, et ces dernières sont les mêmes pour tous les lieux où les observations correspondantes ont été faites. Or, c'est au moyen des parallaxes calculées et des distances des centres observées que l'on trouve la position géocentrique de la lune lors du temps de l'occultation. Deux ou plusieurs observations faites dans des lieux différens, feront donc connoître

¹ *Mémoires de l'Académie des sciences de Berlin*, pour 1788 et 1789, p. 250.

² *De tabulis eliminatio Dorpatensi brevis narratio; adduntur formulae et tabulae in usum astronomorum.* Dorpatiae 1808.

³ *Methodo facilis per calculare le occultazioni delle stelle sotto la luna, dans les Ephémérides de Milan pour 1809*, p. 89. *Zv'h*, *Monatliche Correspondenz für 1808*, décembre, S. 538.

la différence de leur longitude. M. Carlini suppose, comme exempts d'erreurs, les demi-diamètres et la parallaxe des astres, et il détermine, pour un lieu dont la longitude est exactement connue, les corrections de la longitude et de la latitude de la lune.

Quelque intéressantes que soient ces nouvelles formes de calcul, il paroît cependant que les reproches faits à l'ancienne méthode du Nonagésime ne sont pas entièrement fondés. Lalande et d'autres astronomes supposent, dans leurs méthodes, que les demi-diamètres, les parallaxes des astres et la durée de l'éclipse ou de l'occultation sont exempts d'erreurs. Faisons ces mêmes suppositions dans la méthode du Nonagésime, et nous trouverons, si le temps de la conjonction des deux astres est exprimé,

par $T' + \beta' y$ pour l'immersion,

par $T'' - \beta'' y$ pour l'émerison,

que le temps de la conjonction vraie est :

$$T' + \beta' \left(\frac{T'' - T'}{\beta' + \beta''} \right)$$

c'est-à-dire que nous ne pouvons pas adopter un autre temps de conjonction, que celui où la latitude de la lune s'accorde avec la durée observée de l'occultation, ou avec la partie de l'orbite de la lune parcourue par cet astre depuis le commencement jusqu'à la fin de l'observation. En employant par conséquent une latitude quelconqué, l'observation elle-même indiquera celle qu'il faut adopter pour que les deux temps de la conjonction, T' et T'' , soient précisément égaux. Cette latitude ne dépendra donc nullement de la longitude géographique du lieu où l'observation a été faite, mais seulement de la durée observée de l'occultation. En suivant la méthode ordinaire, on peut obtenir des valeurs très-grandes pour β' ou pour la correction de la latitude supposée; mais, dans ce cas, l'une ou l'autre de ces deux observations est inexacte. Le reproche que l'on a fait ordinairement à la méthode du Nonagésime n'est fondé que lorsque l'observation calculée est incomplète. Alors il faut également connaître la latitude de la lune, et, du moins par approximation, la longitude du lieu de l'observation, pour déterminer la latitude pour l'instant de l'immersion ou de l'émerison. Mais, dans ce même cas, les autres méthodes ne peuvent pas être appliquées du tout, parce qu'elles demandent également que l'observation soit complète.

Après avoir indiqué comment on rapporte la position de la lune et de l'astre

Astronomie.

m

éclipsé à l'horizon et à l'écliptique, jetons un coup-d'œil sur une méthode élégante¹, dans laquelle les positions de la lune et de l'étoile sont réduites à l'équateur. M. Gerstner, professeur de mathématiques à Prague, a proposé, en 1795, de calculer le temps de la conjonction des astres en *ascension droite* et non en longitude, comme on le fait communément. Malgré la grande simplicité de calcul qu'offre cette méthode, elle a été très-peu suivie jusqu'ici. Lalande² la regarda même comme une innovation d'autant plus inutile, que la forme de nos tables astronomiques demande l'emploi de la méthode du Nonagésime.

Ce fut vraisemblablement Gerstner³, professeur de mathématiques à l'université de Giessen, qui proposa le premier de calculer les éclipses de soleil et les occultations d'étoiles, en employant les ascensions droites et les déclinaisons des astres : il a donné des exemples de calcul dans un mémoire qui porte pour titre : *Methodus nova calculi eclipsium terre specialis, vel quoruncunque occursum lune cum stellis tam errantibus quam inerrantibus*. D'après cette méthode, on commence par calculer les ascensions droites et les déclinaisons apparentes de la lune, en se servant de l'angle que forme au centre de la terre le cercle de déclinaison avec le cercle vertical; puis on cherche la distance apparente des centres de la lune et de l'astre éclipsé. Ce procédé est presque identique avec celui de M. Cagnoli; mais la méthode de Gerstner, qui fournit des résultats également exacts, est beaucoup plus expéditive que celle de l'astronome italien.

Trois ans plus tard, Léonard Euler⁴ publia un mémoire sur le calcul des longitudes des lieux par l'observation d'occultations des étoiles fixes par la lune, dans lequel il rapporte aussi à l'équateur la position vraie de cet astre. On doit regretter que les formules analytiques données par ce grand géomètre soient si compliquées, et qu'elles demandent une attention minutieuse pour l'emploi des angles auxiliaires. M. Gerstner de Prague a le mérite d'avoir le premier rendu facile l'emploi de la méthode de calculer les conjonctions en ascension droite. Les formules qu'il a publiées⁵ pour cet effet, réunissent l'exactitude mathématique à la simplicité la plus grande. M. Wurm⁶, qui a appliqué la

¹ Bode's astronomisches Jahrbuch für 1798, S. 126 et suiv.

² Zach, Geographische Ephemeriden, Band III, S. 302.

³ Philosophical Transactions for the year 1764, p. 22 et suiv.

⁴ Mémoires de l'Académie des sciences de Berlin, pour 1767, p. 178.

⁵ Bode's astronomisches Jahrbuch für 1798, S. 174.

⁶ Bode's astronomisches Jahrbuch für 1800, S. 215.

méthode de *Gerstner* à l'occultation de 1 β et 2 β du Taureau, par la lune, qui eut lieu le 14 mars 1796, a fait voir, dans un mémoire particulier, qu'elle lui avoit épargné la solution de 81 triangles, dont il auroit dû s'occuper en suivant la méthode du Nonagésime. J'ai trouvé le même avantage en calculant les observations de l'occultation de l'épi de la Vierge du 30 mars 1801. Si l'on n'a à calculer qu'une ou deux observations, la nouvelle méthode n'est pas préférable à l'ancienne, parce que, dans la première, il faut faire un calcul provisoire pour les ascensions et les déclinaisons de la lune, nos tables astronomiques ne donnant immédiatement que la longitude et la latitude de cet astre. Si, au contraire, le nombre des observations est au-dessus de deux ou trois, l'avantage est du côté de la méthode des ascensions droites. De plus, les catalogues d'étoiles n'offrant pas les longitudes, mais les ascensions droites, la méthode de *Gerstner* peut devenir très-utile à ceux qui s'occupent du calcul des éphémérides. En déterminant d'avance les positions apparentes de la lune par rapport à l'équateur, on trouvera, le catalogue à la main, les étoiles qui seront éclipsées. L'objection que les résultats des deux méthodes ne peuvent être comparés entre eux, me paroît peu fondée. On réduira facilement la conjonction des astres en ascension droite, à elle en longitude, comme le fait *M. Monteiro da Rocha*¹ dans son mémoire *sur les éclipses*. D'ailleurs, il ne s'agit pas de comparer les temps de la conjonction, mais les résultats des longitudes géographiques; et peu importe d'après quelle méthode ces derniers ont été obtenus.

3. PASSAGES DES PLANÈTES INFÉRIEURES SUR LE DISQUE DU SOLEIL.

Quoique les passages des planètes sur le disque solaire n'offrent pas des résultats aussi exacts que ceux tirés de l'observation des occultations d'étoiles et des éclipses de soleil, on peut les regarder néanmoins comme un moyen très-important pour déterminer la longitude d'un lieu. Le mouvement des planètes inférieures est très-lent, surtout lorsqu'elles se trouvent près du nœud descendant. Les passages observés près de ce nœud ne sont pas ainsi utiles pour les progrès de la géographie que les passages qui ont lieu dans le voisinage du nœud ascendant, où, pour *Mercure*, le mouvement devient deux

¹ *Ephemerides astronomicas de Coimbra para o anno de 1801*, p. 238. *Mémoires sur l'Astronomie pratique*, par *M. du Rocha*, traduits du portugais par *M. Millo*, p. 57. *Connaissance des Temps pour l'an 1809*, p. 466.

fois plus rapide. Les observations faites à la fin du dix-septième et au commencement du dix-huitième siècle, présentoient très-peu d'accord, et ce n'est que depuis les deux derniers passages de Vénus que les astronomes ont appris à saisir le véritable contact optique intérieur des limbes du soleil et de la planète.

Le père *Hell* indique le premier que l'instant le plus important de l'observation est la *rupture du filet de lumière* à la sortie de la planète : il croit² que ce phénomène peut être observé à 5'', et, dans des circonstances favorables, à 2 ou 3'' près. *Lalande*³ assure que l'on ne peut pas se tromper de plus d'une on de deux secondes de temps. Nous ne discuterons pas ici si cette disparition du filet de lumière a lieu au moment du *véritable contact optique* : la solution de ce problème intéresse plus l'astronomie physique que la géographie ; il suffit, pour obtenir des résultats de longitude, que les astronomes aient observé le même phénomène.

Si l'on considère que *Mercury*, lors de son passage près du nœud descendant, se meut huit fois plus lentement que la lune, et que le commencement d'une éclipse de soleil peut être observé 5'' trop tard, on ne doit pas être surpris de voir que l'on puisse se tromper de 20'' à 40'' de temps sur le *premier contact extérieur* de la planète, surtout en se servant de lunettes qui grossissent peu. C'est pour cette raison que je donne la préférence aux observations des contacts intérieurs, lorsque la durée observée de l'entrée ou de la sortie s'éloigne trop de la durée calculée par les tables. Le *second contact extérieur* peut être observé à 5'', peut-être même à 3'' près.

M. *Delambre* a publié un mémoire rempli de recherches intéressantes à l'occasion du passage de *Mercury*, du 7 mai 1799 ; il a appliqué ses formules à la détermination de la longitude de Berlin ; il la trouve de 43' 34'' par l'observation de l'entrée, et de 44' 24'' par celle de la sortie⁴. Comme ce résultat ne sauroit donner beaucoup de confiance en une méthode dont *Hell*, *Lalande* et d'autres astronomes célèbres ont fait de si grands éloges, je me permettrai quelques observations à ce sujet. Le passage de *Mercury* se fit près du nœud descendant, où le mouvement est extrêmement lent. Le temps étoit nébuleux à Paris ; MM. *Bouvard* et *Méchain* différoient, pour le premier contact extérieur,

² *Ephemerides astronomicae Findebonensis anni 1765. Observatio transitus Fœneris, etc., die 3 junii 1769, facta à Hell, p. 68.*

³ *Astronomie de Lalande, T. II, §. 2141, 2.^e édit.*

⁴ *Mémoires de l'Institut, T. III, p. 444.*

de 39^e de l'observation de M. *Delambre*; pour le moment du second contact intérieur, les astronomes françois différoient entre eux de 28^e. Comme les observations faites à Paris n'étoient pas accompagnées de circonstances favorables, M. *Triesnecker*² ne prit pour terme de comparaison que les observations du contact intérieur à la sortie faites à Gotha, à Vienne et à Bude, et trouva la longitude de Berlin de 44[°] 9['], 1, c'est-à-dire seulement de 0['], 9 plus petite que celle qui résulte de mes dernières recherches sur de nombreuses observations d'occultations d'étoiles³. M. *Ferrer*⁴ trouva la longitude de Berlin, par le même passage, de 44[°] 10['], 0; d'autres résultats tirés de ces observations s'accordoient également bien. J'ai calculé le passage de Mercure, du 9 novembre 1802; il m'a fourni des résultats qui ne s'éloignent que de 1['] à 4['] en temps de la vraie longitude des observatoires les plus célèbres de l'Europe.

Pour réduire au centre de la terre les observations des passages, j'ai choisi la méthode ordinaire du Nonagésime; j'ai déterminé le temps auquel les deux astres avoient la même longitude géocentrique; il m'a paru préférable de suivre une méthode uniforme pour toutes les observations sujettes aux parallaxes. D'autres astronomes calculent les effets produits par les parallaxes sur les temps des contacts apparens, pour obtenir les temps des contacts géocentriques. La différence de ces derniers temps est la différence des longitudes des lieux où les observations ont été faites. *Euler*⁵, *Lexell*⁶, *Platmann*⁷, M. *Flauguergues*⁸, et M. *Delambre*⁹ ont donné des formules propres à dégager les observations de l'influence des parallaxes.

Les observations de passage offrent le grand avantage, que l'incertitude des élémens du calcul n'influe que très-peu sur l'exactitude des résultats. L'effet des parallaxes des planètes inférieures n'étant que très-petit, et le mouvement des planètes étant très-lent, leur position rapportée au cercle de latitude et à l'écliptique sera presque la même pour tous les lieux de la terre. Les

² *Zach, Geographische Ephemeriden, Band IV, S. 191.*

³ *Ibidem*, S. 452.

⁴ *Bode's astronomisches Jahrbuch für 1809, S. 222.*

⁵ *Transactions of the American Philosophical Society, Vol. VI, P. II, p. 228.*

⁶ *Collectio novarum observationum que occasione transitus Veneris per solem instituta sunt, etc.*, p. 312.

⁷ *Bode's astronomisches Jahrbuch für 1778, S. 157.*

⁸ *Novæ artis Academiae Upsalensis, T. V, p. 200.*

⁹ *Bode's astron. Jahrbuch für 1793, S. 130. III.^e Supplement-Band au Bode's Jahrbuchern, S. 76.*

¹⁰ *Mémoires de l'Institut, etc., T. III, 352.*

coefficiens des corrections de la latitude et des demi-diamètres, qui dépendent de cette position, auront presque la même valeur, et ne changeront par conséquent pas sensiblement la différence des temps de la conjonction vraie du soleil et de la planète. Il n'en est pas de même des éclipses du soleil et des occultations d'étoiles. La grande-parallaxe de la lune change rapidement la position relative de cet astre et de l'étoile éclipsée : l'éclipse peut être totale pour un lieu de la terre, tandis que pour un autre elle n'est que partielle. Ici le contact optique se fait au nord du centre de la lune, là il se fait au sud de ce centre. Il en résulte que les corrections des élémens auront des valeurs très-différentes pour différens lieux de la terre, de sorte qu'ils changent de beaucoup la différence calculée des méridiens.

En déterminant la longitude du Callao de Lima, par l'observation du passage de Mercure, que M. de Humboldt y a faite le 9 novembre 1802, j'ai commencé par réduire vingt-neuf observations correspondantes à l'observatoire de Paris : puis, pour juger de l'influence qu'ont les erreurs des élémens sur la longitude, j'ai différencié les temps de la conjonction trouvée pour Paris et Callao. J'ai obtenu de cette manière pour la différence des méridiens D :

$$(T'' - T') + 0,0116 x \circ + 0,0116 x \varphi - 0,0575 y \varphi - 5,8520 x \circ + 5,8520 x \varphi ;$$

or, la parallaxe de Mercure étant égale à la parallaxe du soleil divisée par la distance de Mercure à la terre, $x \varphi$ sera = 1,43 $x \circ$; par conséquent, $(T'' - T') + 0,0116 x \circ + 0,0116 x \varphi - 0,0575 y \varphi + 1,8370 x \circ = D$.

Comme la parallaxe du soleil est connue à 0'',3 près, la correction x ne pourra pas excéder cette valeur. La correction de la latitude y a été déterminée par de bonnes observations faites au méridien ; mais, en supposant même qu'elle soit incertaine de 10'', on trouvera pourtant que tous les élémens du calcul n'ont pas, sur la longitude de Callao, une influence qui excède une seconde de temps. Les corrections des demi-diamètres x peuvent être regardées comme nulles.

Nous avons développé plus haut que les différentes suppositions d'aplatissement général, et surtout l'incertitude de l'aplatissement local ou particulier, influent puissamment sur les résultats des observations d'occultations et de distances lunaires. Cette influence est heureusement beaucoup moins grande dans les observations des passages. Les parallaxes de longitude et de latitude dépendent du rapport des deux axes de la terre, parce que la parallaxe horizontale

d'un lieu, l'angle de la verticale, et la longitude géocentrique sont déterminés par ce rapport. Il en résulte que la longitude et la hauteur du *Nonagésime* sont aussi modifiées par l'aplatissement de la terre. Soit le rapport des axes de la terre $= \frac{n}{m}$; la latitude géographique observée $= \varphi$; la latitude corrigée $= \varphi'$; la distance du *Nonagésime* au zénith $= b$; la distance de l'astre au *Nonagésime* $= \text{long.}^* - \text{long. Nonagésime} = d$; la latitude apparente de l'astre $= \beta$, nous aurons :

$$\text{tang. } \varphi' = \frac{n}{m} \text{ tang. } \varphi; \text{ par conséquent,}$$

$$\Delta \varphi' \text{ sécante } \varphi' = \frac{2n}{m} \text{ tang. } \varphi \Delta \left(\frac{n}{m} \right), \text{ ou } \Delta \varphi' = \left(\frac{n}{m} \right) \sin. 2\varphi \Delta \left(\frac{n}{m} \right),$$

φ et φ' étant peu différens l'un de l'autre : la longitude du *Nonagésime* et sa distance au zénith changent avec l'angle de la verticale. L'on cherchera donc un angle auxiliaire α par $\sin. \alpha = \frac{\sin. \varphi \sin. P}{\cos. b}$; et on obtiendra :

$$\Delta b = \cos. \alpha \Delta \varphi' \text{ et } \Delta \text{ long. du Nonagésime} = \Delta l = \frac{\sin. \alpha}{\cos. b} \Delta \varphi',$$

Δl aura le même signe que $\Delta \varphi'$ si l'ascension droite du milieu du ciel est entre 0° et 90° et entre 270° et 360° .

Nous avons de plus : $\lambda = \pi \cos. b \sin. (d + \lambda) \text{ sécante } B$;

$$B - \beta = p = \pi \sin. b \cos. \beta - \pi \cos. l' \cos. b \sin. \beta + \dots \dots$$

Ces expressions, à la vérité, ne sont pas rigoureusement exactes; mais pour le résultat de nos recherches, elles pourroient l'être beaucoup moins encore. En les différenciant par rapport à b et $(d + \lambda) = l'$, et en mettant $\Delta l = \Delta l'$, nous aurons :

$$\Delta \lambda = \mp \pi \cos. b \text{ sécante } B \cos. l' \Delta l - \pi \sin. l' \sin. b \text{ sécante } B \Delta b$$

$$\Delta \lambda = (\mp \pi \text{ sécante } B \cos. l' \sin. \alpha - \pi \text{ sécante } B \sin. l' \sin. b \cos. \alpha) \Delta \varphi,$$

$$\Delta \lambda = \pi \text{ sécante } B (\mp \cos. l' \sin. \alpha - \sin. l' \cos. \alpha \sin. b) \left(\frac{n}{m} \sin. 2\varphi \right) \Delta \left(\frac{n}{m} \right). \quad (1)$$

ou la variation de la parallaxe de longitude dépendante du changement de l'angle de la verticale.

* Nous avons vu plus haut comment cet angle P a été déterminé.

** MM. Calandrelli et Cinti ont donné des équations pour la variation de b et l , mais leurs formules sont assez compliquées. *Opusculi astronomici*, p. 157.

Cherchons maintenant la variation de la parallaxe de latitude; nous avons .

$$\Delta p = (\pi \cos. \beta \cos. b) \Delta b + (\pi \sin. \beta \cos. b \sin. l') \Delta l + (\pi \sin. \beta \cos. l' \sin. b) \Delta b$$

$$\Delta p = (\pi \cos. \beta \cos. b \cos. a + \pi \sin. \beta \cos. l' \sin. b \cos. a + \pi \sin. \beta \sin. l' \sin. a) \Delta \varphi'$$

$$\Delta p = (\pi \cos. \beta \cos. b \cos. a) \Delta \varphi' + \pi \sin. \beta (\cos. l' \cos. a \sin. b + \sin. l' \sin. a) \Delta \varphi'.$$

Posons $\sin. b \cotang. l' = tang. W$, nous aurons :

$$\sin. l' (\sin. a + \cotang. l' \cos. a \sin. b) = \frac{\sin. l'}{\cos. W} (\sin. a \cos. W + \cos. a \sin. W)$$

$$= \frac{\sin. l' \sin. (W + a)}{\cos. W};$$

par conséquent ,

$$\Delta p = (\pi \cos. \beta \cos. b \cos. a) \left(\frac{n \sin. a \varphi}{m} \right) \Delta \left(\frac{n}{m} \right) + \pi \sin. \beta \left(\frac{\sin. l' \sin. (W + a)}{\cos. W} \right)$$

$$\left(\frac{n \sin. a \varphi}{m} \right) \Delta \left(\frac{n}{m} \right). \quad (II)$$

ou la variation de la parallaxe de latitude dépendante du changement de l'angle de la verticale.

Pour les éclipses du soleil, l'on pourra négliger le second terme de cette équation, la latitude apparente de la lune, β , n'étant alors que peu considérable. Reste à chercher les variations des parallaxes, qui proviennent de la variation de la parallaxe horizontale ou de $\Delta \pi$; nous avons :

$$\Delta \lambda = \frac{\lambda}{\pi} \Delta \pi \text{ et } \Delta p = \frac{p}{\pi} \Delta \pi;$$

mais d'après Euler¹, $\pi = \pi' \left(1 - \left(1 - \frac{n}{m} \right) \sin. \varphi \right)$; par conséquent,

$$\Delta \pi = (\pi' \sin. \varphi) \Delta \left(\frac{n}{m} \right), \pi' \text{ étant la parallaxe horizontale sous l'équateur, et}$$

$\Delta \lambda = \frac{\lambda}{\pi} (\pi' \sin. \varphi) \Delta \left(\frac{n}{m} \right)$, ou bien, parce que π et π' diffèrent fort peu l'un de l'autre :

$$\Delta \lambda = (\lambda \sin. \varphi) \Delta \left(\frac{n}{m} \right). \quad (III)$$

$$\Delta p = (p \sin. \varphi) \Delta \left(\frac{n}{m} \right). \quad (IV)$$

¹ Acta Academiae Petropolitanae pro 1779. Pars II.

Nommons les coefficients de $\Delta \left(\frac{n}{m}\right)$ contenus dans la première et la seconde équation, X et Y; nous aurons:

$$\Delta \lambda = \left(\lambda \sin. \phi + \frac{n X}{m} \right) \Delta \left(\frac{n}{m} \right)$$

$$\Delta p = \left(p \sin. \phi + \frac{n Y}{m} \right) \Delta \left(\frac{n}{m} \right).$$

Soit maintenant le coefficient de la correction de la latitude = α' ; le facteur qui change en temps l'arc parcouru par la lune = m' , nous aurons, pour la *variation du temps de la conjonction* T':

$$\Delta T' = \alpha' \Delta p + m' \Delta \lambda.$$

Pour appliquer ces formules à un exemple numérique, je choisirai l'observation de la fin de l'éclipse du soleil du 17 août 1803, faite à l'école militaire de *Paris*, par M. *Burckhardt*. Cet astronome y observa la fin à 19^h 49' 58^s, 16, temps moyen. Nous trouvons, pour ce moment, la longitude de la lune 4° 23' 2' 36"; celle du *Nonagésime* = 2° 24' 19' 15", et par conséquent $d = 58^{\circ} 43' 21''$; la parallaxe horizontale $\pi = 54' 54'', 70$; la parallaxe de longitude $\lambda = + 42' 43'', 35$, et $d + \lambda = l' = 59^{\circ} 26' 23''$; la parallaxe de latitude $p = 23' 41'', 14$. L'angle P étoit de 172° 13', et l'angle *auxiliaire* a de 3° 25'. D'après ces données, le temps de la conjonction est 20^h 34' 7^s, 63, en supposant l'aplatissement de la terre de $\frac{1}{35}$. Voyons maintenant quel auroit été le temps

de la *conjonction*, si le rapport des axes ou $\frac{n}{m}$ eût changé de $\Delta \left(\frac{n}{m}\right)$.

Pour la *parallaxe de longitude*:

$$\lambda = 2563'', 5 = \log. 3.40881 \quad \log. \cos. l' = 9.70633 \quad \log. \sin. l' = 9.95502$$

$$\log. \sin. \phi = 9.75358 \quad \log. \sin. a = 8.77585 \quad \log. \cos. a = 9.99922$$

$$1453'' = \log. 5.16239 \quad \log. 8.48218 \quad \log. \sin. b = 9.63185$$

$$(I) = -0,03035$$

$$\log. 9.56609$$

$$(II) = -0,36821$$

$$(II) = -0,36821$$

$$X = -0,59856$$

$$\log. X = 9.6005 \quad (neg.)$$

$$\log. \frac{111}{114} = 9.9987$$

$$\log. \sin. 2 \phi = 9.9961$$

$$\log. \pi = 3.5178 \text{ sécante } B=1;$$

$$-1298'' = \log. 3.1151$$

Astronomie.

n

$$\Delta = (-1453'' - 1298'') \Delta \left(\frac{n}{m}\right) = 155'' \Delta \left(\frac{n}{m}\right).$$

- Pour la *parallaxe de latitude* :

$$p = 1421'' \log. = 3.15260 \quad \log. \pi = 5.5178$$

$$\log. \sin. \varphi = 9.75558 \quad \log. \cos. \delta = 9.95610$$

$$+ 806'' \log. = 2.90618 \quad \log. \cos. \alpha = 9.99921; \cos. B = 1;$$

$$+ 2972'' = \log. 3.4730$$

$$\Delta p = (806'' + 2972'') \Delta \left(\frac{n}{m}\right) = 3778'' \Delta \left(\frac{n}{m}\right).$$

Les grandes opérations géodésiques exécutées en France donnent, pour l'aplatissement de la terre, $\frac{1}{144}$. Pour ramener les parallaxes calculées pour un sphéroïde aplati de $\frac{1}{144}$, au rapport des axes de $\frac{147}{144}$, nous aurons :

$$\Delta \left(\frac{n}{m}\right)$$

= 0,9932432 - 0,9970057 = -0,0037625; par conséquent :

$$\Delta \lambda = 155'' \times -0,0037625 = -0'',58 \text{ et } \lambda = + 42' 43'',35 - 0'',58 = + 42' 42'',77$$

$$\Delta p = 3778'' \times -0,0037625 = -14'',22 \text{ et } p = 23' 41'',14 - 14'',22 = 23' 26'',92.$$

Le coefficient de la correction de latitude étoit 2,117 = α' ; le facteur m' = 2,113; $T' = 20^h 34' 7'',6$; donc le temps de la conjonction de la lune et du soleil, en supposant un aplatissement de $\frac{1}{144}$, sera :

$$20^h 34' 7'',6 - 14'',22 \times 2,117 - 0'',58 \times 2,115 = 20^h 33' 36'',5.$$

En calculant directement ce temps de la conjonction, j'ai trouvé, à un *quart de seconde* près, le même résultat que par mes formules différentielles.

Un calcul analogue m'a donné, pour le temps de la conjonction à l'observatoire de Palerme, $21^h 17' 57'',3$; et pour la différence des méridiens entre cette ville et Paris, $44' 21''$. En supposant l'aplatissement de la terre de $\frac{1}{114}$, j'ai trouvé $15''$ en temps de moins, ou $44' 6'',1$. Ce dernier résultat est précisément celui que l'on a adopté jusqu'ici pour la véritable longitude de Palerme. Cette harmonie prouveroit en faveur de l'aplatissement de $\frac{1}{114}$, si la longitude de $44' 6''$ ne reposoit pas elle-même sur des observations calculées pour un sphéroïde de $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{114}$. Des comparaisons de ce genre ne peuvent donner des résultats concluans, qu'en se servant d'observations qui sont indépendantes de la figure de la terre.

M. de Zach² a proposé, en 1786, de déterminer, au moyen du transport

¹ Réduit à l'observatoire impérial.

² Bode's *astronomisches Jahrbuch* für 1794, S. 202.

du temps, la différence des méridiens de deux lieux très-éloignés l'un de l'autre. En observant dans ces lieux un certain nombre d'occultations d'étoiles, on pourroit en déduire des différences de longitudes calculées d'après plusieurs hypothèses d'aplatissement. L'hypothèse qui s'accorderoit le mieux avec les résultats chronométriques, seroit celle à laquelle il faudroit donner la préférence: mais comme, dans ce genre d'observations, il ne s'agit que d'un très-petit nombre de secondes, il sera assez difficile d'obtenir une grande exactitude. Barcelone et la petite île de Formentera se trouvant liées, par les opérations géodésiques de MM. *Arago* et *Biot*, avec l'observatoire de Paris, et presque sur le même méridien avec lui, on pourroit déterminer chronométriquement la différence des méridiens de Formentera et de Palerme. Soit cette différence des méridiens $= L$, celle qui résulte de l'observation d'une occultation $= L' \pm \alpha \left(\frac{n}{m} \right)$, nous aurons :

$$\pm \alpha \left(\frac{n}{m} \right) = L - L';$$

par conséquent :

$$\Delta \left(\frac{n}{m} \right) = \pm \frac{L - L'}{\alpha}$$

et le rapport des deux axes de la terre $= \frac{n}{m} \pm \Delta \left(\frac{n}{m} \right)$, le rapport de $\frac{n}{m}$ étant celui que l'on supposoit dans le calcul. Des observations de culminations de la lune pourroient aussi faire connoître la véritable différence de longitude entre deux observatoires. La parallaxe d'ascension droite de la lune, lors de son passage par le méridien, étant zéro, ce résultat seroit non-seulement indépendant de l'aplatissement de la terre, mais même préférable à des observations chronométriques.

Les formules que nous avons données plus haut sont d'autant plus utiles dans ces recherches que, sans recommencer le calcul, l'on peut trouver de suite quelle auroit été la différence des méridiens pour un aplatissement quelconque. MM. *Bohnenberger*¹ et *Lindenau*² ont publié des formules analogues pour $\Delta \lambda$ et Δp ; et, pour éviter l'emploi du Nonagésime, ils ne se sont servis que d'éléments géocentriques. Comme il est indispensable de connoître les élémens apparens, j'ai cru pouvoir me servir du Nonagésime,

¹ *Anleitung zur geographischen Ortsbestimmung*, S. 404.

² *Zach, Monatliche Correspondenz für 1806, octobre*, S. 313.

et je me flatte que mes formules offrent plus de facilité au calculateur. Quant à leur exactitude, je puis assurer qu'elles donnent constamment $\Delta \lambda$ et Δp à 0^e,1 près.

Si l'on veut cependant éviter le calcul du *Nonagésime*, on pourra le faire en se servant de la méthode des ascensions droites, comme nous allons le prouver succinctement. Soit D , l'angle horaire de la lune, ou la différence entre l'ascension droite de cet astre et celle du point de l'équateur, qui, lors du temps de l'observation, passe par le méridien; δ , la déclinaison vraie; δ' , la déclinaison apparente de la lune; π , sa parallaxe horizontale; p' , la parallaxe d'ascension droite; et $p'' = \delta' - \delta$, la parallaxe de déclinaison; nous aurons:

$$\sin. p' = \frac{\sin. \pi \cos. \varphi' \sin. (D + p')}{\cos. \delta} \text{ ou assez exactement}$$

$$p' = \pi \sin. (D + p') \secant \delta \cos. \varphi'$$

$$\Delta p' = -\pi \sin. (D + p') \secant \delta \sin. \varphi' \Delta \varphi' \text{ ou}$$

$$\Delta p' = -\left(\pi \sin. (D + p') \secant \delta \sin. \varphi' \right) \left(\frac{n \sin. 2 \varphi}{m} \right) \Delta \left(\frac{n}{m} \right);$$

car $D + p'$ peut être regardé comme constant.

$$p'' = \pi \sin. \phi' \cos. \delta' - \pi \cos. (D + p') \cos. \phi' \sin. \delta' + \dots$$

$$\Delta p'' = \pi \cos. \delta' \cos. \phi' \Delta \phi' + \pi \cos. (D + p') \sin. \delta' \sin. \phi' \Delta \phi' \text{ ou}$$

$$\Delta p'' = \left(\pi \cos. \delta' \cos. \phi' + \pi \cos. (D + p') \sin. \delta' \sin. \phi' \right) \left(\frac{n \sin. 2 \phi}{m} \right) \Delta \left(\frac{n}{m} \right)$$

δ' étant regardé comme constant. Posons dans cette équation $\cos. (D + p') \tan. \phi' = \tan. V$, nous obtiendrons :

$$\cos. \phi' (\cos. \delta' + \tan. \phi' \cos. (D + p') \sin. \delta')$$

$$= \frac{\cos. \phi'}{\cos. V} (\cos. \delta' \cos. V + \sin. \delta' \sin. V);$$

par conséquent :

$$\Delta p'' = \left(\frac{\pi \cos. \phi' \cos. (\delta' - V)}{\cos. V} \right) \left(\frac{n \sin. 2 \phi}{m} \right) \Delta \left(\frac{n}{m} \right).$$

Pour trouver les variations dépendantes de celle de la parallaxe horizontale, rappelons-nous que

$$\Delta p' = (p' \sin. \varphi) \Delta \left(\frac{n}{m} \right) \text{ et } \Delta p'' = (p'' \sin. \varphi) \Delta \left(\frac{n}{m} \right),$$

de sorte que la variation qu'éprouvent les parallaxes d'ascension droite et de

déclinaison, par le changement du rapport des axes, ou par $\Delta \left(\frac{n}{m} \right)$, sera exprimée par l'équation suivante :

$$\begin{aligned} \Delta p' + \Delta p'' &= \left(p' \sin. \phi + \frac{X' n \sin. 2 \phi}{m} \right) \Delta \left(\frac{n}{m} \right) \\ &+ \left(p'' \sin. \phi + \frac{Y' n \sin. 2 \phi}{m} \right) \Delta \left(\frac{n}{m} \right) \\ \Delta T' &= \alpha' \Delta p'' + m' \Delta p'. \end{aligned}$$

Dans ces équations, X' et Y' désignent les coefficients respectifs de $\frac{n \sin. 2 \phi}{m}$ dans les équations données pour $\Delta p'$ et $\Delta p''$; α , le coefficient de la correction de la déclinaison de la lune; et m' , le rapport entre le temps et le mouvement relatif des astres. Ces expressions sont même si simples qu'on pourroit facilement les réduire en tables auxiliaires.

Maintenant, pour comparer l'influence de l'aplatissement de la terre sur les résultats tirés de l'observation d'un passage à l'influence qu'exerce cet aplatissement sur les résultats d'une occultation, il faut supposer que la planète et la lune aient la même position par rapport à l'horizon et au soleil. Nos formules font voir que les variations qu'éprouvent les parallaxes de longitude et de latitude par $\Delta \left(\frac{n}{m} \right)$ sont à peu près proportionnelles aux variations de la parallaxe horizontale de l'astre. Or, la parallaxe horizontale de la lune étant 100 à 300 fois plus grande que celle des planètes inférieures, sa variation dépendante de $\Delta \left(\frac{n}{m} \right)$ sera aussi d'autant plus grande. Il en résulte que, quoique le mouvement de la lune soit beaucoup plus rapide que celui des planètes inférieures, les passages ont le grand avantage sur les occultations et les éclipses, que la figure de la terre influe beaucoup moins sur la différence des méridiens qu'on en déduit. Dans l'exemple que nous avons donné plus haut, la longitude géographique, qui résulte de l'observation d'une éclipse de soleil, se trouvoit changée de 15" en temps, en supposant un aplatissement de $\frac{1}{114}$ au lieu de $\frac{1}{118}$. Si, au lieu de la lune, Mercure avoit été placé entre le soleil et la terre, la variation du rapport des axes terrestres n'auroit pas changé la longitude d'une seconde de temps.

4. ASCENSIONS DROITES DE LA LUNE ET ANGLES HORAIRES DE CET ASTRE.

Dans la méthode des *distances lunaires*, l'on cherche à déterminer l'angle que forme, au centre de la terre, la lune avec le soleil et les étoiles; dans la

méthode que nous allons exposer, on détermine, pour un moment donné, l'angle que forment les astres au pôle de l'équateur. Si l'on connoit l'instant auquel, dans un autre endroit, le même angle, ou la même différence d'ascensions droites, a été observé, on trouve, par la différence des temps, la longitude des lieux de l'observation. Deux méthodes conduisent à la résolution de ce problème, celle des passages et celle des hauteurs de la lune. Dans la première, on observe, soit à la machine parallaxique, soit à la lunette méridienne, les passages des astres : dans la seconde, on détermine l'angle horaire de la lune par son élévation au-dessus de l'horizon.*

Il paroît que c'est *Jean Krabbe*¹, géomètre allemand, qui, le premier, a proposé de déterminer la longitude géographique des lieux, par l'observation des ascensions droites de la lune. Il n'ajouta à des considérations théoriques que le calcul d'un exemple fictif : le célèbre navigateur anglois, *William Baffin*², pendant son voyage aux régions glaciales du nouveau continent, observa le premier, le 9 juillet 1612, à Cookingsound en Groenlande, le passage de la lune au méridien à 4^h 17' 24", temps vrai. Sachant, d'après les éphémérides de ce temps, que la lune étoit, au méridien à Londres, à 4^h 25' 34", Baffin conclut de son observation qu'il se trouvoit à 60° 30' à l'ouest de Londres : il remarque en même temps « que ce genre d'observation offre des difficultés assez grandes, mais qu'il donneroit des résultats très-précis, si l'observation étoit faite avec soin, et si les éphémérides étoient exactes. » Trois ans plus tard, le même navigateur fit une nouvelle application de la méthode des passages ; il fut très-satisfait des résultats qu'il obtint, et il affirma « que la géographie seroit basée sur des fondemens plus solides si l'on avoit beaucoup d'observations de ce genre faites au cap de Bonne-Espérance, au Japon, à la Nouvelle-Albion et au détroit de Magellan³. » Malgré les essais de Baffin, la méthode des ascensions droites fut presque oubliée, jusqu'à ce que *Leadbeater*⁴ la proposa de nouveau en 1735 ; *Bouguer*⁵, *Pingré*⁶ et

¹ *Neue Astrolabium sammt dessen Nutzen und Gebrauch, etc.*, durch Johannem Krabbem von Münden 1608. Voyez *Küntner's Geschichte der Mathematik*, Band II, S. 420.

² *Purchas his Pilgrims, Part. III.*, p. 831.

³ *Id.*, c., p. 839.

⁴ *Uranoscopia*, p. 146. Dans la même année, *La Fenchère* proposa encore, pour résoudre le problème des longitudes, d'observer la lune et les étoiles au moment de leur passage à un fil suspendu verticalement. Voyez *Découvertes des longitudes par La Fenchère*.

⁵ *Traité de navigation*, t. IV, Ch. 8.

⁶ *État du ciel pour 1734*, p. 153.

M. Maskelyne ¹ la recommandèrent aux marins. Edward Pigot ² déterminâ la longitude de York par l'observation des passages de la lune; et récemment encore MM. de Zach et Brühl ³ ont constaté l'utilité de cette méthode par des observations multipliées. M. Triesnecker ⁴ a calculé avec soin les observations de ce genre faites par le célèbre Cook, pendant le cours de ses voyages autour du monde. Il a obtenu des résultats de longitude qui s'accordent, à 1°, 5' et 3" près, avec les observations des occultations d'étoiles, tandis que d'autres méthodes fournissent des résultats qui s'en éloignent de 25", 40", et même de 72" en temps. Enfin, M. de Lindenau ⁵ a discuté, dans un savant mémoire, le degré de confiance que mérite la détermination des longitudes par l'observation des passages de la lune. D'après lui, l'erreur dont une observation isolée peut être affectée, ne s'élève qu'à 15" de temps, si l'observation a été faite par des astronomes exercés.

Soit, pour un lieu L, l'ascension droite vraie de la lune = R; le temps moyen de l'observation = M; soient, pour un autre lieu L', situé plus à l'ouest, ces mêmes quantités R' et M'; le mouvement de la lune en ascension droite, pendant douze heures = m; et la différence des méridiens = D; nous aurons :

$$D = \frac{12(R' - R)}{m} - (M' - M).$$

On aura observé la même ascension droite de la lune R'

$$\text{à L à l'instant : } M - \frac{12(R' - R)}{m}$$

$$\text{à L' à l'instant M';}$$

par conséquent,

$$D = \frac{12(R' - R)}{m} - (M' - M),$$

ou, en exprimant tout en secondes,

¹ *Nautical Almanac for the year 1769.*

² *Philosophical Transactions for the year 1786, p. 409 et suiv.*

³ *Bode's astron. Jahrbuch für 1795, S. 561 für 1799, S. 52. Voyez aussi Finet, a treatise on practical astronomy; Gavin Lowe, dans Zach Monatsliche Correspondenz für 1803, september, S. 277. Wollaston fasciculus astronomicus; Mabey, the theory and practice of finding the longitude at sea or land; Archibald, dans les Transactions of the Irish Academy, Vol. VI, p. 193.*

⁴ *Ephemerides astronomicæ Vindobonenses anni 1806, p. 291.*

⁵ *Zach, Monatsliche Correspondenz für 1803, september.*

$$D = 43200'' \left(\frac{(R' - R)''}{m''} \right) - (M' - M)'' \quad (1)$$

Pour pouvoir juger de l'exactitude des résultats obtenus par cette méthode, regardons m comme exact, et différencions l'équation par rapport à D , $R' - R$ et $M' - M$; nous aurons :

$$\Delta D = \frac{43200''}{m''} \Delta (R' - R) - \Delta (M' - M).$$

La quantité m atteindra son *maximum*, à peu près à $8^\circ = 28800''$; par conséquent, $\Delta D = 1,5 \Delta (R' - R) - \Delta (M' - M)$. L'ascension droite observée peut être en erreur de $3''$, même si elle a été observée sous des circonstances très-favorables. De plus, il est possible que les deux observations pèchent dans un sens contraire; alors $\Delta (R' - R)$ peut monter à $6''$ en arc, ce qui rendroit la longitude incertaine de *neuf secondes* en temps, et même de $12''$ à $14''$, si le mouvement de la lune est moins rapide. La parallaxe d'ascension droite de la lune étant zéro, lors du passage de cet astre, il est convenable de faire les observations très-près du méridien; alors on évitera l'erreur provenant de l'incertitude qui reste encore sur l'aplatissement de la terre. En comparant la lune avec les mêmes étoiles, on n'aura pas même à craindre de grandes erreurs causées par la position de la lunette méridienne, car il ne s'agit que de connoître la différence des ascensions droites.

La méthode, telle que nous venons de la présenter, ne peut être employée avec succès que sur terre et dans les observatoires munis de lunettes méridiennes. Pour la rendre utile aux navigateurs, et même aux voyageurs qui parcourent le continent, il faut substituer l'observation des hauteurs de la lune à celle des passages. En connoissant la latitude du lieu de l'observation, la déclinaison et la hauteur de la lune, on trouve facilement l'angle horaire de cet astre; et cet angle, comparé au temps de l'observation, donne l'ascension droite. Nous ne discuterons point ici si le landgrave *Guillaume de Hesse* et son astronome *Rothmann* ont eu les premiers l'idée heureuse de déterminer les longitudes géographiques par le moyen des hauteurs lunaires. Le passage

* Il sera bon de prendre m à peu près égal à $R' - R$, et de manière que le mouvement de la lune corresponde à l'intervalle des temps des observations.

de la lettre de Rothmann ¹, que l'on eût comme une preuve, peut s'appliquer également à l'observation des distances lunaires, ou à celle des passages de cet astre par le méridien. *Abraham de Graaf*, un des géomètres les plus distingués de la Hollande, s'expliqua plus positivement sur la *méthode des hauteurs*, dans un petit traité qui porte pour titre : *Redenering over het vinden der Lengte op zee* (1691 in-4.^o). L'astronome anglois, *Leadbeater*, en parla aussi vers le milieu du dernier siècle; mais ce fut *Pingré* ² qui s'en occupa le premier avec succès. Il exposa comment on peut déterminer l'ascension droite de la lune par l'observation de sa hauteur apparente; et, pour faciliter l'usage de cette méthode, il calcula les angles horaires de cet astre pour le méridien de Paris. Tandis que *Pingré* recommandoit aux astronomes les hauteurs de la lune comme un nouveau moyen de déterminer les longitudes, *Lacaille* ³ s'opposoit vivement à cette innovation, en assurant que les erreurs de la nouvelle méthode peuvent s'élever, sous de certaines circonstances, à 35° 18'; étendue en longitude qui égale presque celle de la Méditerranée depuis Cadix jusqu'à Smyrne. *Lacaille* suppose une incertitude de 2' dans la déclinaison de la lune, une erreur de 4' dans la latitude du lieu d'observation, et une pareille erreur dans la hauteur de la lune. On ne sauroit disconvenir que ces évaluations ne soient exagérées : la méthode des hauteurs lunaires est moins incertaine, que ne l'affirme *Lacaille*; mais, pour obtenir des résultats suffisamment exacts, il faut supposer ou que trois éléments soient exempts d'erreurs, ou qu'ils agissent de manière que les erreurs partielles se détruisent mutuellement.

Soit la hauteur vraie de la lune = H , sa déclinaison = δ , la latitude du lieu = ϕ ; nous aurons pour t , ou l'angle horaire de cet astre :

$$\cos. t = \frac{\sin. H - \sin. \phi \sin. \delta}{\cos. \phi \cos. \delta},$$

et par suite, ascension droite de la lune, R = temps moyen + longitude moyenne

¹ *Tychonis Brahe, Dani, Epistolarum astronomicarum* L. I, p. 30, editio 1591 in-4.^o Rothmann écrit à Tycho de Bræhe : « Si eam eclipsim (celle du 7 novembre 1584) observare non potuisti, alia nobis via ingredienda erit, et differentiam inter meridianos positonum locorum nascietur; quod commodè per lunam fieri posse puto, si eam una et eadem die aut etiam diebus non multum a se distansibus uterque simul diligenter observaverimus. His enim separata parallaxi, per motum ex observationibus inventum facile quoniam patebit. »

² *État du ciel pour 1754.*

³ *Mémoires de l'Académie des sciences pour 1759*, p. 63 et suiv. *Astronomie.*

du soleil $\pm t = T + \phi \pm t$. En différenciant l'équation qui exprime t , par rapport à H , ϕ et δ , nous obtiendrons :

$$\Delta t = - \left(\frac{\cos. H}{\sin. t \cos. \phi \cos. \delta} \right) \Delta H + \left(\frac{\text{tang. } \delta - \text{tang. } \phi \cos. t}{\sin. t} \right) \Delta \phi \\ + \left(\frac{\text{tang. } \phi - \text{tang. } \delta \cos. t}{\sin. t} \right) \Delta \delta,$$

et

$$\Delta R = \Delta T + \Delta \phi \pm \Delta t.$$

Il est très-difficile de juger de la valeur des coefficients de ΔH , $\Delta \phi$ et $\Delta \delta$. Nous supposons $\Delta \phi$ et ΔH chacun de $15''$, si l'observation a été faite au moyen d'instrumens de réflexion. L'erreur de la déclinaison de la lune, ou $\Delta \delta$, peut s'élever à $8''$, ou à plus encore, si la longitude du lieu de l'observation est très-incertaine. Je me suis assuré que, pour nos latitudes, et dans les circonstances les plus favorables, le coefficient de $\Delta \phi$ sera de $0,75$, et celui de ΔH de $1,5$. Ces deux coefficients, réunis à celui de $\Delta \delta$, changeront facilement l'angle horaire t de $40''$ à $45''$ en arc. M. de Lindenau¹, dans une discussion semblable, a évalué l'incertitude que peuvent causer ΔH et $\Delta \delta$ à $30''$ ou $35''$. De plus, pour trouver la longitude du lieu de l'observation, il faut prendre dans les tables la longitude vraie de la lune qui peut être en erreur de $10''$; et il faut calculer, par la longitude supposée de ce même lieu, la longitude moyenne du soleil qui peut être trop grande ou trop petite de $3''$. Il résulte de l'ensemble de ces considérations que la longitude géographique, calculée d'après la méthode des hauteurs de la lune, peut être en erreur d'une minute et demie en temps.

On pourroit observer qu'il n'est pas probable que cinq erreurs agissent toutes dans le même sens; mais il ne faut pas oublier aussi que nous avons adopté, pour $\Delta \phi$, ΔH , et $\Delta \delta$, des valeurs plutôt trop faibles que trop fortes. Quant au temps des observations, son influence est telle, que chaque seconde d'erreur change la longitude de $30''$ de temps.

Examinons maintenant comment on peut diminuer les erreurs que nous venons d'indiquer. Si les tables de la lune ont été corrigées par de bonnes observations faites au méridien, $\Delta \delta$ peut être regardé comme zéro; il en est de même de l'erreur de l'ascension droite de la lune empruntée de ces mêmes

¹ Zuch, *Monatliche Correspondenz für 1805*, novembre, S. 549.

tables. Pour diminuer les erreurs qui proviennent de la non-rectification des instrumens, on pourroit observer des hauteurs correspondantes de la lune, afin d'en déduire le temps du passage de cet astre. Cette méthode a été particulièrement recommandée par *Lalande*¹, mais je crains que les calculs pénibles qu'elle exige ne soient un obstacle à son emploi. L'équation suivante donne la correction du temps du passage, dépendante du changement de déclinaison de la lune : pour des déclinaisons *boréales* ;

$$\sin. \frac{\Delta t}{2} = + \left(\text{tang. } \phi - \cos. t. \text{ tang. } \left(t \pm \frac{\Delta \delta}{2} \right) \right) \left\{ \frac{\sin. \frac{\Delta \delta}{2} \cos. \left(t \pm \frac{\Delta \delta}{2} \right)}{\cos. t. \sin. \left(t \pm \frac{\Delta \delta}{2} \right)} \right\}$$

pour des déclinaisons *australes* ;

$$\sin. \frac{\Delta t}{2} = - \left(\text{tang. } \phi + \cos. t. \text{ tang. } \left(t \pm \frac{\Delta \delta}{2} \right) \right) \left\{ \frac{\sin. \frac{\Delta \delta}{2} \cos. \left(t \pm \frac{\Delta \delta}{2} \right)}{\cos. t. \sin. \left(t \pm \frac{\Delta \delta}{2} \right)} \right\}$$

M. de *Lindenau*² observe avec raison que, lorsque la lune n'est pas entièrement éclairée, on ne peut pas toujours observer le même bord ; de sorte que, pour déterminer le temps de son passage, on sera obligé de faire des réductions préalables. Soient *H*, la hauteur observée de la lune ; *m* et *n*, la variation des ascensions droites de la lune et du soleil pendant le temps *x* ; nous aurons :

$$\sin. \frac{\Delta t}{2} = \frac{\sin. (\text{semid. } \odot) \cos. (H \pm \text{semid. } \odot)}{\cos. \phi \cos. t. \sin. \left(t \pm \frac{\Delta t}{2} \right)}$$

et la variation du temps du passage de la lune = $\left(\frac{15 x}{15 x + m - n} \right) \Delta t$.

Jusqu'ici les astronomes se sont contentés de ces deux corrections des hauteurs correspondantes de la lune ; elles ne me paroissent cependant pas suffisantes, parce que le mouvement de la lune n'est pas uniforme pendant l'intervalle des observations faites à l'est et à l'ouest du méridien. Nous savons que le mouvement de cet astre peut changer, dans une heure, de deux secondes et demie. Cette circonstance cause d'autant plus d'erreurs que, pour jouir de l'avantage d'un changement rapide, il faut, dans nos climats, prendre les hauteurs plusieurs

¹ *Astronomie de Lalande*, T. I, §. 937, II.^e édition.

² *Zach, Monatliche Correspondenz für 1805, december*, S. 557.

heures avant et après le passage de la lune par le méridien. Posons qu'avant la culmination, la distance zénithale de l'astre soit $= x' \alpha$ (Pl. I, fig. 5), et après le passage $= x' \beta$, la lune se trouvant en α et β ; dans ce cas, l'arc $x' h$ sera une portion du méridien, et $x' \alpha = x' \beta$. Supposons que le mouvement de la lune $= m'$ soit plus lent avant la culmination qu'après, il est évident que la lune se mouvant de β à α , ou de l'ouest à l'est, atteindra la distance zénithale $x' \beta$ plus tard que si son mouvement étoit resté tel qu'il étoit avant le passage de cet astre par le méridien. Le cercle de déclinaison de la lune correspondant au milieu des temps observés en α et β , ne coïncidera pas avec le point de l'équateur qui passoit alors par le méridien, même si la déclinaison de l'astre n'avoit pas changé pendant le temps des observations.

Les hauteurs correspondantes de la lune ont encore besoin d'une autre correction dépendante des variations de la parallaxe et de son demi-diamètre : la première peut s'élever à $2''$ par heure, et la seconde à $0''{,}5$. Supposons que la parallaxe soit plus grande de $\Delta \pi$ lorsque la lune se trouva en β , que lorsqu'elle fut observée en α , alors le demi-diamètre aura augmenté de $\frac{5 \Delta \pi}{11}$. Il en résulte que la hauteur du bord supérieur de la lune auroit été

plus petite de $\sin. x' \beta \Delta \pi - \frac{5 \Delta \pi}{11}$ que dans le cas où la parallaxe n'auroit pas

changé du tout. Comme, pour nos climats, les hauteurs correspondantes de la lune seront prises le plus souvent lorsque l'élévation de l'astre est de 30° , $\Delta \pi$ peut s'élever à $15''$, et $\Delta x' \beta = \left(\sin. x' \beta - \frac{5}{11} \right) \Delta \pi$ atteindra $9''$. En considérant que le plus grand échangement de hauteur est $= -\Delta t \cos. \phi$, nous trouvons que le temps du passage de la lune peut changer au moins d'une demi-seconde, et que par conséquent son ascension droite changera aussi de $7''$ à $8''$. On auroit donc commis une erreur de $15''$ de temps dans la longitude du lieu, si l'on avoit regardé la parallaxe de la lune comme *constante*. Cette circonstance influe encore d'une autre manière sur le temps du passage, les parallaxes d'ascension droite ne restant pas les mêmes pour les angles horaires égaux observés avant et après le passage de la lune, si la parallaxe horizontale a échangé pendant cet intervalle. Plusieurs astronomes¹, en observant des hauteurs correspondantes du soleil, ont eu égard aux variations de la réfraction, dépendantes

¹ M. de Zach, dans sa *Monatliche Correspondenz für 1804*, März, S. 208. M. Flaugergues, dans la *Connaissance des Temps pour l'an XIII*, p. 413; et pour 1809, p. 369.

de l'état de l'atmosphère. Cette précaution est surtout nécessaire pour les observations de la lune, parce que leur intervalle est quelquefois de sept heures, et qu'il peut arriver qu'aux temps des quadratures, le soleil se lève ou se couche pendant le temps des observations. C'est précisément vers le lever et le coucher de cet astre que les variations de la réfraction sont les plus considérables. Soit Δf , la différence des réfractions observées avant et après le passage de la lune par le méridien; on aura, pour la correction du temps du passage:

$$\frac{\cos. \text{hauteur apparente } \Delta}{50 \cos. \phi \cos. t \sin. t}$$

Pour s'assurer davantage de l'exactitude du résultat de longitude, il sera prudent de prendre en même temps des hauteurs correspondantes d'une étoile qui se trouve assez près de la lune. La différence des temps de leurs passages par le méridien, exprimée en temps sidéral, sera la différence de leurs ascensions droites. Connaissant celle de l'étoile, on trouvera facilement l'ascension droite de la lune et la longitude géographique du lieu, comme nous l'avons vu plus haut. Souvent la position relative des astres est telle, qu'elle diminue l'influence des erreurs qui naissent de l'incertitude sur la latitude du lieu, et de l'imperfection de l'instrument employé.

L'équation suivante, que nous avons trouvée ci-dessus, $\Delta t = x \Delta H + \gamma \Delta \phi + \pi \Delta \delta$, prouve évidemment que la différence d'ascension droite entre la lune et un autre astre peut être obtenue avec beaucoup de précision, lorsqu'on observe les deux astres du même côté du méridien. Il sera plus avantageux encore que l'étoile se trouve sur le parallèle de la lune même: dans ces cas, on obtiendra, avec assez de précision, la différence des ascensions droites, quoiqu'il y ait des erreurs dans les valeurs absolues. Si les circonstances ne permettent pas de prendre des hauteurs correspondantes de la lune, ou d'observer en même temps des hauteurs d'étoiles, il sera toujours prudent de prendre les hauteurs simples de la lune des deux côtés du méridien: car alors les coefficients de H , ϕ et δ seront diminués de beaucoup. En effet, nous avons vu plus haut que l'ascension droite de la lune, R , est exprimée par $R = T + \alpha \pm t$; par conséquent, on obtiendra,

$$\begin{aligned} \text{par les angles horaires orientaux : } R' &= T' + \alpha' + t' + \Delta t'; \\ \dots\dots\dots \text{occidentaux : } R'' &= T'' + \alpha'' - t'' - \Delta t''. \end{aligned}$$

Le nombre des accents indique ce qui appartient à la première ou à la

seconde observation. En employant cette dernière méthode, les formules de *Tempelhoff*¹ abrègeront de beaucoup le calcul.

Ces considérations prouvent sans doute que les erreurs de la méthode des hauteurs lunaires ne sont pas aussi grandes que *Lacaille* les supposoit; on voit en outre qu'elles se trouveront considérablement diminuées si, sous les conditions que nous avons énoncées plus haut, l'on observe la différence des ascensions droites entre la lune et les étoiles, au lieu d'observer l'ascension droite absolue de la lune. La méthode des hauteurs n'offre, sans doute, que très-peu d'utilité aux marins; mais, employée avec soin sur le continent, elle peut contribuer beaucoup aux progrès des connoissances géographiques.

5. HAUTEURS DE LA LUNE.

Dans le journal de navigation de Callao à Acapulco, dressé au mois de mars 1803, *M. de Humboldt* a discuté les circonstances sous lesquelles il peut être avantageux, sur terre, de déterminer la longitude d'un lieu par l'observation des *déclinaisons de la lune*, lorsque cet astre coupe le plan de l'équateur, époque à laquelle le changement en déclinaison est le plus rapide. Cette méthode, abandonnée à l'oubli, a été essayée en 1806 par *M. Dunbar*, astronome zélé, qui observe sur les bords du Mississippi. J'examinerai ici succinctement le degré de confiance que mérite ce genre d'observations qui, vers le milieu du dernier siècle, a déjà été proposé, tant dans un Mémoire présenté au parlement d'Angleterre, et portant pour titre : *The sailor's proposal*², que dans l'*Astronomie des marins* du père *Pezenas*³. *M. Dunbar*⁴ observa, au fort Miro, au mois de novembre 1804, la hauteur méridienne de la lune, et en déduisit la déclinaison vraie. La longitude du fort, déterminée par cette observation, ne différa que de 2 à 6 secondes de temps de celle qui avoit été conclue des distances lunaires et du transport du temps. Quoiqu'il soit à supposer qu'une harmonie si grande aura été causée par la réunion de circonstances accidentelles, je crois cependant que

¹ *Bode's astron. Jahrbuch, I.^{er} Supplement-Band*, S. 214. Voyez aussi les observations de *M. Klügel* sur la méthode de *Tempelhoff* dans *Bode's astron. Jahrbuch für 1801*, S. 201; *Bohnemberger*, *Anleitung zur geogr. Ortsbestimmung*, S. 207; *Rhode*, *Parallaxen auf dem Sphäroid*, S. 33; *Wurm*, dans *Bode's astron. Jahrbuch für 1809*, S. 181.

² *Lealbeater Uranosopia* 1735, p. 310.

³ *Astronomie des marins*, etc., 1776, chapitre VI, problème IX, p. 312.

⁴ *Transactions of the American Philosophical Society*, etc., Vol. VI, p. 277.

l'emploi de la *méthode des déclinaisons lunaires* peut contribuer aux progrès de la géographie; elle est d'autant plus avantageuse, qu'elle ne demande pas des calculs longs et pénibles.

Soit H' , la hauteur apparente de la lune; f , sa réfraction; π , sa parallaxe horizontale sous l'équateur; π' , la parallaxe horizontale, et ϕ , la latitude pour le lieu où l'observation a été faite; a , l'aplatissement de la terre; Δ , l'azimuth de la lune: nous aurons, d'après Mayer ¹, la parallaxe de hauteur P' , par

$$P' = \pi' \cos. H' - a \pi \sin. 2 \phi \sin. H' \cos. \Delta,$$

et

$$P' = \pi' \cos. H' - a \pi \sin. 2 \phi \sin. H', \text{ si la hauteur de la lune a été prise au méridien même;}$$

par conséquent :

$$\begin{aligned} \text{la déclinaison vraie de la lune} &= (90^\circ - H') + f - P' - \phi \\ &= \text{distance zénithale apparente} + f - P' - \phi. \end{aligned}$$

Comme les déclinaisons de la lune doivent être observées lorsque cet astre se trouve très-près de l'équateur, les voyageurs qui ne sont pourvus que d'instrumens de réflexion et d'horizons artificiels, ne peuvent pas employer cette méthode dans les régions équinoxiales. Au contraire, dans la zone tempérée, la hauteur H' ne différera pas beaucoup de 45° , et le second terme de la formule $P' = \pi' \cos. H' - a \pi \sin. 2 \phi \sin. H' \cos. \Delta$ sera à peu près $0,7 a \pi$. La parallaxe équatoriale de la lune est à peu près connue à $2''$ près; ce qui ne suppose qu'une erreur de $1'',5$ pour la hauteur de 45° : la réfraction correspondante à cette hauteur, peut être en erreur de la même quantité. En supposant que l'on ait observé la distance zénithale du bord de la lune, au moyen d'un cercle répéteur, avec l'exactitude de trois secondes, l'on ne pourra pourtant être sûr qu'à cinq secondes près, de la distance zénithale du centre de la lune, parce qu'on observera très-rarement les deux bords à la fois, et qu'il peut y avoir $2''$ d'erreur sur le diamètre de la lune. Il en résulte que les élémens de réduction peuvent rendre la déclinaison de la lune incertaine de $8''$ à $9''$. La variation de la déclinaison de la lune, lorsque cet astre passe par l'équateur, peut s'élever à $15''$ dans une minute de temps; neuf secondes d'erreur ne changeront la longitude géographique que de $36''$ de temps, si les tables lunaires donnent la vraie déclinaison. Dans le cas où l'on seroit obligé de se contenter de tables lunaires non corrigées,

¹ *Tabulae motuum solis et lune*, etc., p. CII, édition 1770.

cette longitude pourroit être en erreur de $36'' + 32'' = 1' 8''$ de temps; car la déclinaison calculée de la lune peut être inexacte à $8''$ près, comme nous l'avons vu plus haut.

Telles sont les limites d'erreur dont la méthode de déclinaison est susceptible sous les circonstances les moins favorables à l'observation, et lorsque toutes les incertitudes des élémens de réduction agissent dans le même sens sur le résultat. On parvient à détruire une grande partie de ces erreurs, si l'on peut se procurer des *observations correspondantes* faites à peu près sur le même parallèle. Dans ce cas, l'incertitude de la valeur absolue de la parallaxe équatoriale et du diamètre de la lune, de même que celle de la réfraction, disparaissent entièrement : car ce n'est que la différence des déclinaisons observées en deux endroits de la terre que l'on a besoin de connoître pour en déduire celle des méridiens. On peut alors répondre de $3''$ à $4''$ de la différence des déclinaisons, et de $12''$ à $15''$ de la différence de longitude, en supposant que les observations aient été faites par des astronomes exercés et munis de bons instrumens.

J'ai fait l'application de cette méthode à la détermination des longitudes de Greenwich et de Palerme; j'ai trouvé des résultats qui s'accordent à $10''$ près avec la véritable position des deux lieux. Comme cette harmonie très-satisfaisante peut fixer l'attention des astronomes, je consignerai ici le détail des observations et des élémens de réduction. J'aurois désiré calculer un plus grand nombre d'observations; mais je n'ai pu m'en procurer qui eussent été faites à l'époque à laquelle la lune se trouvoit près de l'équateur². J'observe aussi que, le 14 août, les mesures des divisions intérieure et extérieure du mural de Greenwich différoient l'une de l'autre de $3'',5$; tandis qu'elles s'accordoient, le 13 août, à $0'',6$; et le 15 août, à $0'',2$ près. Si les deux dernières observations méritoient la préférence, nous aurions trouvé la longitude au moyen des déclinaisons lunaires, à quatre secondes près.

² Bode's *astronomisches Jahrbuch für 1798*, S. 101.

Différence des méridiens de Greenwich et de Palerme, déterminée par des observations de la déclinaison de la lune.

A l'observatoire de Greenwich, latitude boréale, $51^{\circ} 28' 40''$.

1794 AOUT.	VENTS MOYEN.	DISTANCE MÉTHODIQUE de bord supérieur DE LA LUNE.	SAROSMÈTRE anglais.	TERMINOMÈTRE intérieur.	RÉFRACTION d'après LA PLACE.	PARALLAXE de GAUTIER.
le 13	14 ^h 36' 14",8	55° 14' 1",0	50",09	54°	1' 22",6	49' 50",3
14	15 ^h 29' 38",8	50° 0' 37",6	29",90	54°	1' 8",3	45' 54",4
15	16 ^h 22' 25",9	44° 59' 2",7	29",75	58°	0' 56",8	41' 57",7

A l'observatoire de Palerme, latitude boréale, $38^{\circ} 6' 44''$.

1794 AOUT.	VENTS MOYEN.	DISTANCE MÉTHODIQUE de bord supérieur DE LA LUNE.	SAROSMÈTRE anglais.	TERMINOMÈTRE intérieur.	RÉFRACTION d'après LA PLACE.	PARALLAXE de GAUTIER.
le 13	14 ^h 34' 14",7	41° 55' 10",5 $\Delta t = 14",5$	29",88	69°	0' 50",16	40' 14",6
14	15 ^h 27' 40",8	36° 40' 43",0 $\Delta t = 14",5$	29",82	69",7	0' 41",5	35' 46",1
15	16 ^h 20' 29",1	31° 37' 28",0 $\Delta t = 12",6$	29",85	72°	0' 54",2	31' 5",4

Résultats des observations correspondantes de déclinaisons.

AT MOIS D'AOUT 1794.	DISTANCE DE DÉCLINAISON observée.	CHANGEMENT DE DÉCLINAISON en 1 ^e de temps.	DIFFÉRENCE des MÉRIDIENS.	VALEUR RELATIVE.
1794, 13 août.	694",5	750",0	0 ^h 53' 52" $\frac{1}{2}$	0,83
14	688",5	742",0	0 ^h 53' 49" $\frac{1}{2}$	0,82
15	638",4	691",0	0 ^h 53' 20"	0,77

Terme moyen, 0^h 53' 37"

Différence vraie des méridiens, 0^h 53' 27" à 0^h 53' 28".

Dans ce calcul, on suppose les latitudes des lieux d'observations exactement connues, supposition qu'on ne peut faire que pour un très-petit nombre de
Astronomie.

points sur le globe. En observant en même temps aux deux endroits la hauteur méridienne d'une même étoile, la latitude des lieux n'entre pas comme élément dans la formule, et on pourroit vraisemblablement répondre, à 15" ou 25" près, de la différence des méridiens. L'aplatissement de la terre joue un grand rôle dans ce genre d'observations, d'autant plus que, pour les hauteurs méridiennes, son influence atteint le *maximum*. Comme il n'est pas certain que cet aplatissement soit le même sur tous les parallèles, il est à désirer que les observations puissent être faites sous des latitudes peu différentes les unes des autres.

La hauteur méridienne de la lune, observée au moyen d'un sextant, sera le plus souvent incertaine de 10". Ajoutons à cette quantité encore 5" pour les erreurs des élémens de réduction; savoir : 3" pour la parallaxe et la réfraction, et 2" pour le demi-diamètre de la lune; et nous obtiendrons 15" pour l'erreur dont la déclinaison de cet astre peut être affectée, si toutes les petites erreurs agissent dans le même sens. Ces erreurs rendront la longitude géographique incertaine à une minute de temps, et même à une minute et demie, si les tables lunaires n'ont pas été corrigées par des observations faites dans un endroit dont la position est exactement fixée. Si l'on a l'avantage de calculer d'après des observations correspondantes, la différence observée des déclinaisons peut être exacte à 10" ou 13" près, et la longitude géographique ne restera douteuse que de 40" à 50" de temps, en supposant exactes les latitudes des lieux d'observation.

Lorsqu'on a des doutes sur la rectification de l'instrument ou sur la latitude du lieu d'observation, il sera prudent d'observer en même temps la hauteur d'une ou de plusieurs étoiles; la différence des hauteurs méridiennes étant égale à celle des déclinaisons, on en déduira facilement la déclinaison vraie de la lune. L'erreur de longitude sera aussi diminuée de beaucoup; si l'on multiplie les observations de déclinaisons, ou si l'on emploie un *micromètre* pour obtenir de petites différences des hauteurs méridiennes de la lune et des étoiles. Je conseillerois surtout aux voyageurs de prendre, près du méridien, des hauteurs égales des étoiles et de la lune, lors de la culmination de la dernière; la différence entre les temps des observations des hauteurs *égales* donnera la différence de leurs hauteurs méridiennes, et par conséquent celle de leurs déclinaisons. La déclinaison de l'étoile étant connue, l'on connoît aussi celle de la lune. Cette méthode est analogue à celle proposée par *Horrebow* :

* *Horrebowii opera mathematico-physica*, T. III, p. 361.

et *Hell*¹ qui sert à déterminer la latitude géographique par des hauteurs égales des étoiles, dont l'une passe par le méridien au nord, et l'autre au sud du zénith.

Nous venons de traiter jusqu'ici des moyens employés pour déterminer la longitude des lieux par les distances lunaires, les éclipses de soleil et les occultations des étoiles et des planètes par la lune, les passages des planètes inférieures sur le disque du soleil, les ascensions droites de la lune, ses angles horaires et les différences de sa déclinaison. Examinons maintenant les phénomènes célestes qui ne sont pas affectés de l'effet de la parallaxe.

1. ÉCLIPSES DE LUNE.

L'usage des éclipses de lune, dans la détermination des longitudes, remonte aux temps les plus reculés. D'après le témoignage de *Strabon*², *Hipparque* observa déjà que, sans la comparaison des éclipses de lune et de soleil, on ne pourroit savoir si un pays est situé à l'est ou à l'ouest de l'autre. *Pline*³ paroît confirmer cette assertion en disant : « *Hipparchus situs locorum et visus populorum complexus, ævo teste, haud alio modo, quam consiliorum nature particeps.* » *Ptolémée*, dans sa Géographie, regarde également les éclipses de lune comme un excellent moyen de déterminer la distance des lieux⁴. C'est en effet par celle qui, onze jours avant la bataille d'Arbèle, inspira tant de terreur aux soldats d'Alexandre⁵, que *Ptolémée* fixa la différence des méridiens entre Alexandrie, Carthage et Arbèle. Les commentateurs de l'*Almageste* et de la Géographie de *Ptolémée* suivirent son exemple.

Dans les temps modernes, aucun astronome n'a mieux connu les avantages qu'offrent ces phénomènes pour le perfectionnement des connoissances géographiques, que *Tycho de Brahe* : il insiste sur ce genre d'observations dans toutes ses lettres écrites au landgrave *Guillaume de Hesse* et à *Rothmann*;

¹ *Ephemerides astronomicae Firdosbenensis anni 1771. Observatio transitus Veneris anni 1769 facta a Maximiliano Hell*, p. 22. M. Arzberger est parvenu à déterminer, à quelques secondes près, la longitude et la latitude de Cobourg, en se servant que d'une lunette propre à observer des hauteurs égales, et d'une montre dont la marche étoit peu uniforme. Voyez son petit Traité : *Forsch einer geographischen Ortsbestimmung ohne Himmelsmesser und genaue Uhren*, 1801.

² *Strabon*, L. I, p. 7 (Vol. I, p. 18 de l'édition de Siebenkron). Ὅμοιος τὰς πρὸς τὴν παραχρημασίαν ἢ πρὸς διερῶν ῥυθμὸν καὶ ἔστιν, ἐκ τοῦ γὰρ οὗτος ἀκριβὲς, πᾶσι δὲ διὰ τὸ ἀκρίβειον ἐκείναι καὶ οὐκ ἐστὶν ἀκριβὲς.

³ *Plinius Historia naturalis*, L. II, c. 12 (9).

⁴ L. I, c. 4.

⁵ *Curios*, IV, 9. *Arrian*, III, 7. *Plutarch*, in *vita Alexandri Magni*; *Diodorus Siculus*, XVII. *Plinius*, H. N. II, 72.

il dit avoir demandé aux astronomes d'Italie, d'Espagne et de Pologne, des observations correspondantes : « *ut ex iis et illis quæ ex Germania habere potero, meridianorum differentiam rectius quam hæcenus factum est, discernam, atque ita geographiam, quantum fieri possit, emendem* ».

Vers la fin du dix-septième siècle, les astronomes françois s'occupèrent avec beaucoup de succès du perfectionnement de la géographie par le calcul des éclipses de lune. L'observation de celle du 21 février 1682 servit à corriger la longitude de l'Asie orientale, qui, sur toutes les cartes de ce temps, étoit fautive de vingt-trois degrés ¹. La découverte d'une erreur si considérable contribua beaucoup à engager Colbert à envoyer des astronomes dans toutes les parties du monde pour perfectionner l'état des cartes géographiques. *La Hire*, *Cassini* et d'autres astronomes parcoururent la France, l'Italie, la Flandre et la Hollande; ils observèrent, outre les latitudes de plusieurs lieux, des éclipses de lune et de satellites de Jupiter, pour en déduire les longitudes. Les missionnaires, *Gouje*, *Tomas* et d'autres jésuites, firent des observations astronomiques dans l'est et le sud-est de l'Asie; *Varin*, *des Hayes* et du *Glos* furent envoyés aux Antilles; *Richer* partit pour Cayenne, et le père *Laval* pour la Louisiane. *Feuillée* rectifia la position des côtes de l'Amérique. En parcourant les journaux de ces voyageurs, on ne sauroit disconvenir que les observations des éclipses de lune n'aient été d'une utilité très-grande lors de la première réforme de la géographie.

Avant la découverte des lunettes, et même quelque temps après, on se bornoit aux observations des phases principales. *Michel Florent van Langren* ², cosmographe du roi Philippe IV, proposa d'observer les *taches de la lune quand elles entrent ou sortent de l'ombre de la terre*. Cette méthode est aujourd'hui généralement adoptée, non seulement parce que ces observations sont susceptibles d'une plus grande précision que celles du commencement ou de la fin de l'éclipse; mais surtout parce qu'elles offrent l'occasion de multiplier les résultats de longitude, de manière que l'erreur dont chaque observation peut être affectée, est diminuée par la combinaison

¹ Tyckonis Brahe, *Bani*, *Epitologum astronomicarum* L. I, p. 266, editio 1610.

² Zerk, *Geographische Ephemeriden*, Band I. Forrede, S. 45.

³ *Tractatus de vera longitudine terra marique per observationem macularum lunarium, quando obscurantur vel illuminantur, inveniendi, auctore Langreno, 1644, Antwerp, in-4.* Van Langren communiqua déjà, en 1632, aux États-généraux des Pays-Bas, une méthode d'observer les taches de la lune : il proposa même alors d'observer le temps où les cimes des montagnes de la lune commencent à être décelées par le soleil.

de plusieurs observations correspondantes. Si l'on mesure, au moyen d'un micromètre, la grandeur des parties éclipsées, les observations correspondantes donnent immédiatement la différence des méridiens. On trouvera, dans le cours de cet ouvrage, l'emploi de ces diverses méthodes. Il seroit inutile d'exposer comment on déduit les longitudes de l'observation des éclipses de lune. Pour ne pas répéter ce que l'on trouve dans tous les traités élémentaires d'astronomie, je me bornerai à quelques considérations générales, en indiquant en même temps une méthode de calcul qui m'est propre, et que j'ai employée plusieurs fois avec succès.

Tous les astronomes savent combien la pénombre de la terre rend difficile l'observation exacte des éclipses, non seulement parce que l'ombre est rarement bien terminée et distincte de la pénombre, mais surtout parce que différens observateurs ne considèrent pas le même point comme limite entre les deux ombres. La pénombre se mêlant successivement avec l'ombre, on ne sauroit bien distinguer leurs véritables limites; et cette difficulté est encore augmentée par les différences sensibles qu'offrent le grossissement des lunettes et l'organisation de l'œil de l'observateur. Le père *Hell*¹ conseilla de n'employer, pour les éclipses de lune, que des lunettes d'un foible grossissement; mais *M. de Zach*, et surtout *M. Schröter*² ont prouvé que cette méthode manqueroit d'exactitude.

Lorsqu'on se trouve dans le cas de se servir d'anciennes observations d'éclipses, il faut les soumettre à une critique sévère, pour pouvoir déterminer le degré de confiance qu'elles méritent. Le moyen le plus sûr me paroît la comparaison avec les nouvelles tables lunaires. J'ai calculé directement cinquante éclipses de lune d'après ces tables, et je pense que les résultats auxquels je suis parvenu, sont aussi sûrs que s'ils étoient fondés sur des observations correspondantes. Le temps de l'opposition est donné par nos tables avec une exactitude surprenante. Il est plus difficile de déterminer avec précision le vrai demi-diamètre de l'ombre dépendant des parallaxes horizontales du soleil et de la lune, et du demi-diamètre du soleil. *La Hire*, *Cassini* et *Lemonnier* ont déjà observé que l'ombre projetée sur la lune est considérablement augmentée par l'atmosphère de la terre. *La Hire*, en calculant les éclipses de lune, ajouta 1' et même 1' 30" au demi-diamètre de l'ombre; *Cassini* l'augmenta de 20", et *Lemonnier* de 30". *Lalande*, en discutant les observations de l'éclipse de lune, du

¹ *Ephemerides astronomicae Vindobonensis anni 1764*, p. 263. « Tabi Dollondiani (diti Hell) aut « entadiopici Newtoniani, si insignis sint præstantie, ab magna claritatis viâ, qua umbra dilata « minus apparere solet, ab hoc usu plane remouendi.

² *Bode astron. Jahrbuch* fur 1795, S. 166.

18 mars 1783, trouva $36''$ pour l'agrandissement causé par notre atmosphère ¹. *Mayer* et *Le Gentil* ont été également occupés à déterminer cet élément. Le dernier assure avoir observé que l'ombre de la terre doit être supposée plus ou moins grande, selon que l'ombre des régions polaires ou équatoriales de la terre est projetée sur le disque de la lune. Il pense que, dans le premier cas, le diamètre de l'ombre est augmenté de $100''$; dans le dernier cas, de $40''$. Il ajouta une table auxiliaire propre à évaluer la quantité de cet agrandissement pour toutes les régions de la terre, dont l'ombre est projetée sur la lune.

Mayer proposa, de son côté, d'ajouter constamment, au demi-diamètre de l'ombre, la *soixantième partie de la somme des parallaxes horizontales du soleil et de la lune*. Lalande ² affirme que cette règle satisfait parfaitement aux observations; mais on doit craindre qu'il n'ait mal saisi la méthode du célèbre astronome de Gœttingue. « D'autres savans, dit Lalande, entre autres *M. Mayer*, pensent que la correction de l'atmosphère est toujours $\frac{1}{16}$ du diamètre de l'ombre, c'est-à-dire qu'il faut y ajouter autant de secondes qu'il y a de minutes. » Mayer avoit la coutume d'augmenter le diamètre de l'ombre de la soixantième partie des parallaxes horizontales, ce qui fait $16''$ de plus que l'on n'obtiendrait par la supposition de Lalande. Il reste désormais douteux par laquelle des deux corrections ce dernier a cru pouvoir satisfaire aux observations.

Le père *Hell* ⁴, *Fixlmüller* ⁵, *Lambert* ⁶ et *Schubert* ⁷ ont aussi tâché de rectifier cette partie intéressante du calcul des éclipses de lune. Les résultats que ces savans ont obtenus, diffèrent peu de ceux de Mayer, et l'incertitude des observations rend en général ces recherches assez infructueuses. J'ai entrepris de déterminer de nouveau, par la comparaison d'un grand nombre d'observations faites avec tout le soin dont elles sont susceptibles, l'augmentation de l'ombre de la terre. Ayant trouvé, par des calculs longs et pénibles, que les résultats s'accordoient, tantôt avec l'hypothèse de *Le Gentil*,

¹ *Mémoires de l'Académie des sciences pour 1783*, p. 89.

² *L. c.*, pour 1755, p. 36.

³ *Astronomie de Lalande*, T. II, §. 1775, édit. II^e.

⁴ *L. c.*, T. II; §. 1776.

⁵ *Beiträge zur praktischen Astronomie*, übersetzt von Jungnitz.

⁶ *Decennium astronomicum, Acta astronomicæ Bremensium*.

⁷ *Bode's astronomisches Jahrbuch für 1776*, S. 148; für 1777, S. 110.

⁸ *L. c.*, für 1798, S. 142.

tantôt avec celle de Mayer, j'ai préféré employer les deux méthodes à la fois. Les différences des résultats s'élèvent, dans de certaines circonstances, jusqu'à 1' 30" en temps¹, et même beaucoup au-delà.

J'ai eu égard en outre à quelques petites corrections dépendantes de la figure aplatie de la terre, et négligées jusqu'ici. Une projection orthographique de l'éclipse m'a servi pour déterminer le rayon elliptique correspondant au point de la surface de la terre, dont l'ombre touche le disque lunaire lors du commencement et de la fin de l'éclipse. J'ai donné, dans le cours de cet ouvrage², les formules par lesquelles le rayon elliptique peut être trouvé. J'observe ici seulement qu'il est des cas où les corrections changent la longitude de 20" ou 30". C'est en combinant un grand nombre d'observations, que je suis parvenu souvent à diminuer les erreurs qui proviennent de l'extrême difficulté de reconnoître exactement la limite entre l'ombre de la terre et la pénombre. J'ai examiné la durée observée de l'éclipse par des calculs directs, fondés sur les tables de Triesnecker et de Bürg, et sur mes propres tables construites d'après la théorie de M. La Place. Si la grandeur de l'éclipse est assez considérable, ces tables donnent la durée avec beaucoup de précision.

Tout ce que nous avons dit de l'obscurcissement du *bord*, peut s'appliquer également aux observations des *taches*. La force de la vue, la transparence de l'air, et d'autres circonstances, modifient considérablement l'estime des limites entre l'ombre et la pénombre. Il est même probable que ces limites se présentent différemment au commencement de l'éclipse et vers la fin, soit parce que l'état du ciel a changé, soit parce que la lune se trouve à d'autres hauteurs sur l'horizon. *Lambert* a énoncé des idées ingénieuses sur les différentes couleurs que présente l'ombre de la terre pendant les éclipses, selon que les rayons solaires rasent les mers ou les continents de notre globe. Toutes ces circonstances contribuent sans doute à rendre variables les limites des deux ombres; en effet, au commencement de l'éclipse, c'est l'ombre de la partie occidentale de la terre, et à la fin, c'est l'ombre de la partie orientale qui est projetée sur la lune.

Les astronomes qui ont vécu au commencement du dix-huitième siècle, et dont j'ai discuté les observations dans le cours de cet ouvrage, ont observé quelquefois les éclipses des taches lunaires. Je n'ai fait usage de leurs observations que dans le cas où j'ai pu me procurer des observations correspondantes. Comme il est

¹ Voyez plus bas T. II, p. 30; p. 335.

² Volume II, p. 28 et p. 333.

³ *Bode's astronomisches Jahrbuch für 1776*, S. 148 et suiv.; *für 1777*, S. 110.

très-rare de trouver indiquées à la fois les immersions et les émergences des taches, on est privé de tout moyen propre à diminuer l'influence d'une estime erronée des limites entre l'ombre de la terre et la pénombre. J'aurais pu suppléer au défaut d'observations correspondantes par un calcul très-pénible ; mais plusieurs considérations m'en ont empêché. Pour suppléer aux observations, il auroit fallu faire la projection orthographique du disque lunaire, en ayant égard à la libration, afin de pouvoir marquer les taches selon leur longitude et leur latitude *sélénographiques*, que l'on ne peut regarder comme assez exactement connues. Depuis *Mayer*¹ et *Lambert*², peu d'astronomes se sont occupés de ce travail important, et je ne pouvois me servir des observations de MM. *Arago* et *Bouvard*, parce que les résultats de leurs dernières recherches n'ont point encore été publiés. On pourroit craindre aussi que la figure de ces taches ne soit sujette à des variations périodiques. Plusieurs astronomes³ ont déjà soupçonné qu'il faut augmenter le diamètre de l'ombre pour l'observation des taches situées près du bord de la lune, et qu'il faut diminuer ce diamètre pour les taches situées vers le milieu du disque. Il seroit en outre assez inutile de déterminer par un travail pénible, pour un instant donné, la position *sélénographique* des taches, parce que les anciens astronomes ont l'habitude de ne jamais indiquer si leurs observations se rapportent aux bords ou au centre des taches lunaires.

M. de Humboldt, dans le cours de son expédition, a renoncé à l'observation des immersions et des émergences des taches ; il a préféré une méthode qui mériterait d'être généralement suivie, celle de mesurer les progrès de l'éclipse avec un instrument de réflexion. Ce moyen avoit déjà été proposé par *Wales*⁴ qui observa l'éclipse de soleil de 1774, en mesurant, au moyen du sextant, les parties éclairées du disque solaire et les distances des cornes. *James King*⁵, qui accompagna le capitaine Cook pendant son voyage autour du monde, observa de la même manière l'éclipse de soleil du 4 juillet 1777. La réduction de ce genre d'observations n'exige pas de longs calculs ; il ne s'agit que de déterminer, pour un autre lieu dont la longitude est connue, le temps où une partie égale et aliquote du disque de la lune a été éclip­sée

¹ *Opera inedita Tobiae Mayeri*, Vol. I, p. 104.

² *Bode's astron. Jahrbuch für 1776*, S. 131.

³ *L. c.*, S. 146 et 147.

⁴ *The original astronomical observations by Wales and Bayly*, p. 101.

⁵ *The original astronomical observations by Bayly*, p. 16.

par l'ombre de la terre. J'ai parlé plus au long de cette méthode dans le cours de cet ouvrage ¹, et il suffira de répéter ici qu'il faut exprimer la largeur mesurée du disque lunaire, β , en parties du diamètre apparent Δ , ou par $\frac{\beta}{\Delta}$, parce que, dans tous les pays où l'on voit l'éclipse, on observe

dans un même instant, une partie éclipsée de la lune, dont la largeur est différente, selon l'élévation de cet astre au-dessus de l'horizon. Si, par exemple, le diamètre horizontal de la lune est $= 32' 0''$, une éclipse de six pouces sera de $16' 0''$ pour un observateur qui voit la lune près de l'horizon; tandis que, pour un autre, cette valeur augmente de $16''$, si la lune est peu éloignée du zénith. Il en résulte que la partie éclipsée ne sera pas de $16' 0''$, pour les deux observateurs, dans le même instant.

M. de Humboldt, dans son journal astronomique, recommande aux marins d'observer les éclipses de lune, par cette méthode et avec des instrumens de réflexion, toutes les fois que l'occasion s'en présente. Je pense également qu'elle mérite de fixer l'attention des voyageurs, parce qu'elle leur offre le grand avantage de pouvoir multiplier la mesure des angles, et de diminuer par là les erreurs dont les observations partielles peuvent être affectées.

2. SATÉLLITES DE JUPITER.

C'est avec la découverte des lunettes qu'a commencé une époque remarquable dans les annales de l'astronomie et de la géographie. *Simon Mayer* ou *Marius* découvrit, à Anspach en Franconie ², au mois de novembre 1609, les satellites de Jupiter. *Galilée* ³ et *Harriot* ⁴ les observèrent au commencement de l'année 1610. Mais ce ne fut que quelques années plus tard, que *Galilée* remarqua le premier les avantages que ces petits astres peuvent offrir à la détermination des longitudes géographiques. *Peyresc* ⁵ tenta de construire des tables propres à calculer les révolutions périodiques des satellites : il fonda ses calculs sur les observations de *Galilée* et de *Kepler*, et réussit ainsi à prédire leurs positions relatives; de manière qu'en observant les satellites de Jupiter, en différens lieux de la terre, on

¹ Volume II, p. 266.

² *Simon Marius Fränkischer Kalender*, 1612.

³ *Nuncius Siderius*.

⁴ *Bode's astron. Jahrbuch für 1708*, S. 152. *Zach, Monathliche Correspondenz für 1803, juillet*, S. 43.

⁵ *Nicolas Claudii Fabricii de Peyrescæ vita per Cassendam*, 1641, in-4^{to}, p. 131.

Astronomie.

pouvait à peu près déterminer la différence des méridiens, entre ces lieux et l'endroit pour lequel les tables avoient été construites. On envoya dès-lors un observateur à Alep pour essayer l'utilité pratique de cette méthode; l'expérience prouva qu'elle étoit très-imparfaite; *Peyresc* l'abandonna entièrement, lorsqu'il apprit que *Galilée* et *Kepler* s'occupoient de ce problème important.

*Galilée*¹ construisit des tables des satellites de Jupiter; en 1612, il proposa au roi d'Espagne de résoudre le problème des longitudes, mais il demanda une récompense pécuniaire si considérable que la cour de Madrid rompit les négociations entamées à ce sujet. A la même époque, un médecin françois, *Morin*, présenta au cardinal Richelieu un mémoire sur la détermination des longitudes par les observations des distances de la lune au soleil et aux étoiles². *Beaugrand*, un des commissaires nommés pour examiner ce mémoire, demanda des conseils à *Galilée*: cette circonstance engagea celui-ci à revenir sur sa première méthode. Il s'en occupa de nouveau avec zèle, et en 1636 il proposa aux états-généraux des Pays-Bas de leur communiquer la solution du problème des longitudes. Le gouvernement hollandais demanda à la fois des éphémérides des satellites de Jupiter, des lunettes propres à observer ces astres, et des moyens de remédier aux difficultés que le mouvement du vaisseau oppose à l'exactitude des observations. Il envoya à *Galilée* deux astronomes hollandais, *Hortense* et *Bleauw*, pour l'aider dans les observations, et dans le calcul des tables des satellites. En 1637, *Galilée* eut le malheur de perdre la vue, et, par cet accident que l'on regarda comme une calamité publique, les marins furent trompés dans leurs espérances de voir résoudre un problème si important pour la sûreté de la navigation. Cependant *Galilée* confia le secret de sa méthode et les calculs des éphémérides à *Vincenzio Ranieri*, et il se flatta de pouvoir satisfaire aux demandes des états-généraux, jusqu'au moment où les travaux de *Huygens*³ firent échouer sa négociation.

Ranieri ne réussit pas mieux que *Galilée*. Dans la première édition de ses *Tables Médicéennes*, publiée en 1639⁴, il s'engagea à donner des éphémérides

¹ *Elogio di Galileo per Paolo Frisi*, p. 53.

² Voyez plus haut p. 26.

³ *Elogio di Galileo*, p. 101.

⁴ *Vincenzii Ranieri Tabulae Medicæ universales*, Florentia, 1639.

des satellites par lesquelles on pourroit déterminer les longitudes géographiques; cette promesse ne fut cependant pas remplie; car dans la seconde édition des Tables Médicéennes, qui parut huit ans plus tard, Ranieri ne fit plus mention du problème qui occupoit tous les esprits. Ce fut *Marius*¹ qui publia les premières tables des satellites de Jupiter; elles étoient d'autant plus imparfaites que le géomètre allemand se hâta de devancer Galilée. *Hodierna*², astronome de Raguse, construisit aussi des tables fondées sur un très-petit nombre d'observations; peu de temps après, elles se trouvèrent si inexactes qu'elles n'indiquoient pas même à peu près la situation relative des satellites.

Les astronomes qui s'occupoient du calcul des tables, étoient très-peu d'accord à cette époque sur la manière dont on pouvoit se servir des observations pour en déduire la différence des méridiens. *Galilée* ne s'expliqua jamais clairement sur l'application de sa méthode; il paroît qu'elle ne se fondeoit que sur le changement rapide de la position relative des satellites. L'astronome françois, *Herigone*³, proposa, en 1634, d'observer le moment où un de ces astres se trouve placé sur la ligne qui passe par l'œil de l'observateur et le centre de la planète. Ce genre d'observations offre de grandes difficultés pour la pratique: ce n'est qu'avec des lunettes d'un très-fort grossissement que l'on peut observer les passages des satellites devant le disque de la planète⁴, et les voyageurs ne pourront tirer aucun parti de ces phénomènes, dont l'observation n'est importante que pour la théorie de Jupiter. *Dominique Cassini* indiqua le premier la méthode la plus sûre pour déterminer les longitudes au moyen des satellites. Par de nombreuses observations, faites à Rome et à Bologne, il trouva que les immersions et les émersions des satellites dans l'ombre de Jupiter, sont les phénomènes les plus propres à ce but. Il construisit pour cet effet, en 1666, de nouvelles tables, et il publia dès-lors les configurations et le calcul des éclipses dans la même forme que l'on a conservée jusqu'à nos jours.

¹ *Mundus jovialis anno 1609 detectus*, etc., Norimbergæ, 1613.

² *Medicorum Ephemerides nunquam adhuc apud mortales editæ*, Panormi, 1656. *Hodierna* fit l'observation de l'immersion du premier satellite de Jupiter, à Palma, en 1652, le 27 juin, à 12^h 6'. Cette immersion est la première qui ait jamais été observée.

³ *Herigoni Cursus mathematicus*, T. V, p. 857.

⁴ MM. *Oldenburg*, *Pound*, *Ménier*, *Schroter*, *Herschel*, *Bode*, *Lindenau*, et récemment encore *M. Arago*, se sont occupés de l'observation des passages des satellites devant le disque de Jupiter. Voyez *Philosophical Transactions for the year 1719*, p. 900; for 1769, p. 45. *Bode's astron. Jahrbuch für 1790*, S. 201.

dans les éphémérides ¹. *Flamstead* et *Pound* suivirent l'exemple de *Cassini* ². *Hadley* calcula, de son côté, des tables des satellites : elles furent remises à *Bradley* en 1718; mais le gouvernement anglois ne les fit publier qu'en 1749 ³.

De tous les astronomes de ce temps, *Wargentin* ⁴ est celui qui s'est occupé avec le plus de succès de la construction des tables des quatre satellites de Jupiter. Elles étoient fondées sur un grand nombre d'observations et sur une théorie plus parfaite : c'étoient même les premières que l'on osoit substituer aux observations correspondantes, et elles furent généralement adoptées pour les calculs des éphémérides. *Lalande* ⁵ les fit réimprimer en France; l'Académie de *Berlin* les inséra dans son *Recueil des Tables astronomiques*; *M. Maskelyne* les publia dans le *Nautical Almanac* pour 1779.

Bailey ⁶ tenta de construire de nouvelles tables d'après la théorie de la gravitation universelle, mais son travail ne diminua pas l'usage des tables de *Wargentin*; ces dernières n'ont été condamnées à l'oubli que depuis qu'un des plus illustres astronomes de notre siècle s'est occupé du mouvement des satellites de Jupiter. *M. Delambre* a réuni un nombre immense d'observations; il les a soumises à une critique sévère; il a puisé dans la théorie de *M. La Place* de nouvelles équations inconnues à l'astronomie suédois. Le calcul des éclipses est devenu plus long et plus compliqué; mais les tables de *M. Delambre* ont atteint un tel degré d'exactitude et de perfection, que le problème des longitudes pourroit être regardé comme parfaitement résolu, si le mouvement du vaisseau n'offroit pas des difficultés insurmontables, et si les éclipses des satellites arrivoient plus fréquemment. De nombreuses comparaisons m'ont appris que, pour le premier satellite de Jupiter, les tables de *M. Delambre* ne s'écartent presque jamais au-delà de 12" à 15" des bonnes observations, et il est à regretter qu'une méthode, si avantageuse aux voyageurs qui

¹ *Cassini opera astronomica*, 1666. *Ephemerides Bononienses medicorum siderum. Les hypothèses et les tables des satellites*, 1693.

² *Philosophical Transactions for the year 1719*, p. 1021; for 1683, p. 322; for 1681, p. 760; for 1785, p. 1218; for 1686, p. 199.

³ *Edmundi Hallii tabulae astronomicae*.

⁴ Les premières tables de *Wargentin* furent publiées dans les *Acta Societatis Upsaliensis* ann. 1741, p. 27. Il les a perfectionnées dans la suite, en les publiant encore deux fois.

⁵ *Tables astronomiques de Hadley, par Lalande*, 1759. *Astronomie de Lalande*, 2.^e édition.

⁶ *Essai sur la théorie des satellites de Jupiter, suivi des tables de leurs mouvements déduits du principe de la gravitation universelle*, etc.

parcourent les continents, ne puisse pas être rendue utile aux navigateurs. Les moyens proposés jusqu'ici pour diminuer l'effet du mouvement du vaisseau ont été insuffisants. Au milieu du seizième siècle, *Jacques Besson*¹ proposa une *chaise marine* dans laquelle on pouvoit observer les astres, mais qui fut bientôt abandonnée à l'oubli. *Irwin* imagina, en 1760, une autre chaise d'une construction plus parfaite; l'on en fit plusieurs essais, mais les résultats en étoient tout aussi peu satisfaisants. « Dans mon voyage à la Barbade, fait en 1763, dit M. *Maskeleyne*², je me servis plusieurs fois de la chaise de M. *Irwin* pour tenter l'observation des satellites : j'avoue que je n'en ai tiré aucune utilité. » *Fyot* construisit, en 1771, une troisième chaise marine, et les astronomes de l'expédition de la Flore, commandée par *Ferdun de la Crenne*, furent chargés d'examiner son invention. On essaya plusieurs fois de suivre les astres avec une lunette, en se plaçant tantôt dans la chaise de *Fyot*, et tantôt hors de la chaise sur le pont. Les astronomes remarquèrent³ qu'ils conservoient plus facilement Jupiter dans le champ de la lunette, dans la seconde position que dans la première, surtout quand il y avoit peu de mer. Je ne parlerai pas ici du *binocle* ou du *capuchon à deux lunettes* (testiera binoculo) de *Galilée*⁴, qui n'a pas été plus utile aux marins que l'invention des chaises marines, quoique les premiers essais qu'on en fit eussent donné l'espérance d'un meilleur succès.

Dans l'état actuel de l'astronomie, les observations du premier et du second satellite ne sauroient être assez recommandées aux voyageurs qui parcourent l'intérieur d'un vaste continent, et qui peuvent très-rarement se servir des occultations d'étoiles ou des éclipses de soleil pour la détermination des longitudes. Le père *Hell*⁵ préféra même les satellites à tout

¹ *Cosmologe, ou instrument universel, concernant toutes observations qui peuvent se faire par les sciences mathématiques*, par Jacques Besson, 1567.

² *Nautical Almanac for the year 1796*, p. 151, et dans plusieurs autres volumes des *Éphémérides* de Greenwich.

³ *Voyage fait par ordre du roi en 1771 et 1772*, T. II, p. 457.

⁴ *Elogio di Galileo* per Paolo Frisi, p. 93.

⁵ *Ephemerides astronomicae Vindobonenses anni 1764*, p. 189. « Id uocum dico, me satellitem Jovis eclipses ad determinationem differentiarum meridianorum præferre omnino omnibus aliis methodis hactenus per observationes astronomicas mihi cognitissimas, illudque dubium de laborum diversis præstantis vanum nullumque esse, modo methodus adhibeatur illa, quæ mihi familiaris est, quandoque nunc declaraturus sum. » Voyez aussi *Ephemer. astron. anni 1765*, p. 251.

autre moyen de fixer la différence des méridiens¹ : il prescrit les conditions suivantes : 1.^o que l'observateur ne fasse usage que des éclipses du premier et du second satellite; 2.^o qu'il emploie constamment la même lunette; 3.^o que le nombre des immersions observées soit égal à celui des émergences; 4.^o que la détermination du temps soit exempte d'erreurs; 5.^o que les éclipses aient été observées plus de quatre jours avant ou après l'opposition de la planète; 6.^o que le nombre des observations correspondantes soit très-grand. On ne sauroit douter que si l'on parvient à satisfaire à ces nombreuses conditions, les observations des satellites ne puissent rivaliser avec toutes les autres méthodes de longitude. Mais il ne faut pas oublier que, depuis l'époque du père *Hell*, l'état de l'astronomie, et surtout celui des tables lunaires et solaires, a singulièrement changé. Les instrumens ont atteint un très-haut degré de perfection : les distances de la lune au soleil et aux étoiles peuvent être mesurées avec une grande exactitude, et ce dernier genre d'observations est d'autant plus précieux pour la géographie, que les distances lunaires peuvent être prises presque journellement, tandis que les éclipses de satellites de Jupiter sont quelquefois invisibles pendant long-temps.

M. de *Zach* a comparé plusieurs fois les deux méthodes des distances et des satellites. Le résultat de son travail a toujours été en faveur des distances lunaires. D'après un examen très-rigoureux, fait en 1797, M. de *Zach* affirme que, pour la détermination des longitudes, les distances l'emportent de beaucoup sur les observations des satellites². Je ne hasarderai pas de prononcer dans une matière si délicate; mais je pense que les satellites donnent des résultats très-exacts, si l'on sépare les observations du premier et du second satellite, de celles du troisième et du quatrième. Les difficultés les plus grandes naissent du différent grossissement des lunettes, et de la différente force de la vue des observateurs. On se trouve surtout embarrassé lorsqu'on doit avoir recours à des observations anciennes faites avec des lunettes dont la longueur seule est indiquée. En général j'ai tâché de n'employer que des éclipses observées par des lunettes d'une construction et d'une longueur à peu près égales; et ce n'est que dans la détermination de la longitude de Quito, que je me suis vu forcé de comparer directement des observations faites avec des lunettes de huit pieds, à d'autres faites avec des

¹ L'astronome anglais, *Whiston*, étoit de même avis. Voyez son *Traité intitulé : Longitudes not discovered by eclipses of Jupiter's satellites*, London, 1734.

² III.^{me} Supplement-Band zu Bode's astron. Jahrbüchern, S. 41.

lunettes de seize à dix-huit pieds. *Pingré*¹, en déterminant la longitude de Pékin, avoit été surpris de trouver que le père *Kögler* voyoit avec une lunette de huit les émersions des satellites de Jupiter, plutôt que *Cassini* et *Maraldi* qui se servoient de lunettes de seize à dix-huit pieds². Le père *Hallerstein*³ vante également l'extrême force de la vue de *Kögler*, qu'il assure avoir été « *visu admodum acuto*. » Dans ces circonstances, il m'a paru préférable de ne pas corriger les observations de Pékin, à cause de la différence des lunettes employées. Il n'en est pas de même si les observations ont été faites avec des lunettes d'un grossissement très-foible, et si l'on a en même temps un certain nombre d'immersions et d'émersions observées. J'ai développé mes idées sur cet objet p. 179 de ce volume; mais je dois observer, que les corrections ne peuvent pas être les mêmes pour les quatre satellites. *Dominique Cassini*⁴ a proposé le premier d'introduire, pour cet effet, une petite équation de temps dans le calcul des éclipses : il remarque que, par une lunette de dix pieds, on voit les immersions 30" plutôt que par une lunette de quinze à seize pieds. Mais les observations de *Kögler* prouvent que l'emploi de ces corrections est très-douteux. *M. de Cassini*⁵, en comparant les observations de Chappé à celles de Maraldi, faites avec des lunettes de dix et quinze pieds de longueur, ne trouve que 13" de différence, et il observe avec raison « que la vue de l'observateur, sa manière propre d'observer et d'estimer, influent plus qu'on ne pense dans les observations. »

*M. de Barros*⁶ remarque que le temps que les satellites emploient à sortir de l'ombre de Jupiter varie selon leur élévation au-dessus de l'horizon, et que l'intensité de leur lumière est moins grande à des hauteurs peu considérables. Il plaça plusieurs verres d'une épaisseur égale devant l'oculaire de sa lunette⁷, et il observa les hauteurs auxquelles le premier satellite de Jupiter ne restoit plus visible : il crut pouvoir déterminer, par ce moyen, l'épaisseur d'une couche

¹ *Mémoires de l'Académie des sciences pour 1764*, p. 269.

² *L. v.*, p. 311.

³ *Observationes astronomicae à Patris S. J. Pekini Sinarum factae, autore Hallerstein 1768*, in pref.

⁴ *Mémoires de l'Académie des sciences pour 1729*, p. 378.

⁵ *Voyage en Californie par Chappé d'Auteroche*, p. 87. Voyez aussi le Mémoire du père Hell, de *prosentia tuborum pro observationibus satellitum Jovis adhibitorum*, in *Ephem.* anni 1765, p. 270.

⁶ *Mémoires de l'Académie des sciences de Berlin pour 1755*, p. 362.

⁷ Le même moyen fut proposé en 1700 par le père François-Marie.

d'air qui diminue la lumière du satellite autant qu'un des verres plans interposés. C'est sur des expériences de ce genre qu'est fondée une table de correction que M. de Barros a publiée pour le premier satellite. Si cette table étoit exacte, elle changeroit considérablement les résultats des observations : ces changemens s'élèveroient à $1' 34''$, lorsque, pour l'un des observateurs, le satellite est à 20° de hauteur, tandis que pour l'autre il est à 50° , et si tous deux emploient des lunettes de quatorze pieds de longueur. Dans des circonstances plus désavantageuses encore, les corrections excèdent trois à quatre minutes de temps¹. Heureusement l'accord que l'on trouve entre les observations du premier satellite et les occultations d'étoiles, prouvent que l'astronome portugais a singulièrement exagéré l'influence de l'extinction de la lumière.

*Grandjean de Fouchy*² publia, en 1772, un mémoire sur la seconde inégalité des satellites de Jupiter, dans lequel il prouve que le temps des immersions et des émergences est sujet à une erreur d'optique, dépendante de la largeur du segment éclairé du disque des satellites. Le moment où ces astres disparaissent, précède sans doute leur véritable immersion dans l'ombre de la planète, parce qu'un petit segment éclairé du disque renvoie trop peu de rayons solaires pour faire une impression sensible sur notre rétine. Cette circonstance influe également sur les résultats des observations correspondantes, parce que le segment ne devient pas invisible à la fois pour tous les observateurs et pour toutes les lunettes : il est même certain que l'instant de l'invisibilité dépend autant de la largeur du segment que de l'intensité de sa lumière, modifiée par les taches du satellite. La quantité de ces dernières n'étant pas toujours la même au moment où le disque entre dans l'ombre de Jupiter, il en résulte que les éclipses d'un même satellite offrent, à différentes époques de l'année, de petites différences qui dépendent d'un changement d'intensité de lumière, et de la position des taches.

*Bailly*³ s'est occupé avec succès de plusieurs causes d'erreurs dans l'observation des satellites : il les a développées dans un mémoire célèbre sur les inégalités de la lumière des satellites de Jupiter, sur la mesure de leurs diamètres, et sur un moyen aussi simple que commode de rendre les

¹ *Mémoires de l'Académie des sciences de Berlin pour 1755*, p. 371 et 374.

² *Mémoires de l'Académie des sciences pour 1732*, p. 419.

³ *I. c.*, pour 1771, p. 580.

observations comparables, en remédiant à la différence de vue et des lunettes. Ce mémoire renferme des considérations sur la largeur du segment visible des disques des satellites et sur les échangemens apportés à l'intensité de leur lumière par la distance de Jupiter au soleil et à la terre, par celle des satellites à la planète, et par leur élévation au-dessus de l'horizon. Bailly discute en même temps les différens effets des lunettes, dont dépend « la largeur du segment insensible, » et par conséquent la différence entre le temps de l'immersion vraie et la disparition optique. Je regrette beaucoup que les astronomes anciens n'aient généralement pas indiqué le grossissement et l'ouverture de leurs lunettes, pour pouvoir appliquer à leurs observations les équations proposées par Bailly.

Schulze¹, membre de l'académie de Berlin, s'est livré également, en 1777, à des recherches curieuses sur les éclipses du premier satellite de Jupiter : il observa ces éclipses avec deux instrumens, dont l'un étoit une lunette achromatique de Dollond; l'autre, un télescope grégorien, mais d'une bonté inférieure à celle de l'instrument dioptrique. Pouvant observer deux fois la même immersion, il obtint directement la différence du temps dans lequel le satellite disparut ou reparut dans les deux lunettes. Schulze construisit une courbe dont les abscisses étoient les sinus des distances du satellite à Jupiter, et dont les ordonnées exprimoient ce que l'on peut considérer comme la différence de l'effet des lunettes. Il réussit à représenter cette différence par une équation algébrique qui s'accordoit assez bien avec les observations partielles. Sa mort prématurée a interrompu un travail utile qui mériteroit d'être étendu à tous les satellites et à des lunettes très-différentes par leur grossissement et par la quantité de lumière qu'elles transmettent. Dans ces derniers temps, MM. Späth² et Flauguergues³ ont fait de nouvelles recherches, et sur la certitude dont les observations des éclipses des satellites sont susceptibles, et sur les moyens de les rendre plus exactes, en employant les diaphragmes proposés par Bailly, et dont l'usage mériteroit d'être plus répandu parmi les astronomes.

Aussi long-temps que nous manquerons d'un appareil photométrique exact, il est à désirer que les observateurs n'emploient, pour les satellites de Jupiter, que de bonnes lunettes achromatiques qui ne grossissent pas au-delà de cent à

¹ Mémoires de l'Académie des sciences de Berlin pour 1777, p. 206. Bode's astron. Jahrbuch für 1781, S. 68 et 175.

² Bode's astron. Jahrbuch für 1795, S. 153.

³ Mélanges d'astronomie, p. 481.

Astronomie.

cent cinquante fois. Ces instrumens sont très-commodes pour le transport, et leur usage est d'autant plus recommandable que les belles tables de *M. Delambre* sont construites pour des lunettes de ce grossissement. En effet, la précision de ces tables est si grande qu'elles peuvent être substituées aux observations correspondantes du premier satellite, sans qu'on ait à craindre qu'elles produisent une erreur qui surpasse $10''$ ou au plus $15''$ de temps. Pour s'assurer de l'exactitude de cette assertion, il suffiroit de jeter les yeux sur les observations que *M. de Humboldt* a faites à Cumana et à la Havane, et qui sont rapportées dans cet ouvrage. Nous y joindrons les résultats suivans obtenus par *M. Ellicot* et *Maskelyne*.

La longitude de *Lancaster*, en Pensylvanie, est de $5^h 14' 39''$ à l'ouest de *Paris*. *M. Ellicot* y observa, en 1802 et 1803, un grand nombre d'éclipses du premier satellite de Jupiter, qui, comparées aux tables non corrigées de *M. Delambre*, donnent des résultats qui ne diffèrent que de $9''$ du résultat moyen.

LONGITUDE de LANCASTER.	ERREUR.
$5^h 14' 25''$	$-16''$
$30''$	$-9''$
$37''$	$-1''\frac{1}{2}$
$50''$	$-9''$
$58''$	$-1''$
$16''$	$-15''$
$20''$	$-19''$
$22''$	$-17''$
$42''$	$+5''$
$41''\frac{1}{2}$	$-17''\frac{1}{2}$
$53''$	$-0''$
Terme moyen $5^h 14' 50''$	Erreur moyenne $-9''$

Les observations faites en 1804 et 1805, présentent les erreurs suivantes :

$+18''$	} Erreur moyenne $+15''\frac{1}{2}$. Nous avons rejeté les observations faites pendant le crépuscule.
$-3''$	
$+14''$	
$+22''$	
$+27''$	

* Vol. I, p. 83. Vol. II, p. 44.

La longitude de la *Barbade* au fort de Willoughby est de $4^h 7' 43^s,7$, d'après cinq occultations observées par M. *Maskelyne*. Douze éclipses du premier satellite de Jupiter, observées par ce même astronome, donnèrent $4^h 7' 50^s,6$; la différence ¹ ne s'élève donc qu'à $6^s,9$. Ces résultats semblent prouver que les observations des satellites sont susceptibles d'une exactitude suffisante pour faire connoître avec précision la différence des méridiens ; ils sont cependant diamétralement opposés à ceux qu'obtint M. de *Zach* ², lorsqu'il essaya de déterminer la longitude de *Cracovie* par des observations de satellites ; sans exclure celles du troisième. Il paroît que cet astronome célèbre, tout en recommandant la méthode des distances lunaires, a jeté trop de doutes sur celle des satellites : on peut craindre que les voyageurs ne négligent ce genre d'observation, et l'on voit déjà avec peine que M. *Seetzen*, qui parcourt en ce moment une partie de l'Afrique, et auquel nous devons des observations très-précieuses, ne s'est pas occupé des éclipses des satellites dans des endroits où les distances lunaires lui ont donné des résultats peu satisfaisans ³.

Dominique Cassini ⁴, dans sa *Méthode de déterminer les longitudes des lieux de la terre, par les observations des satellites de Jupiter*, déduit des observations, le temps écoulé entre une immersion et la suivante, en divisant la différence des temps des observations par le nombre des révolutions achevées pendant cet intervalle. C'est de cette manière qu'il détermine le temps auquel on auroit dû voir une immersion ou une émergence intermédiaire. Ce temps étant déduit de l'observation, il le regarde comme le résultat d'une observation correspondante. *La Hire*, *Bradley* et presque tous les astronomes ont suivi cette méthode de *Cassini*. Elle n'est cependant pas rigoureusement exacte, parce que les observations par lesquelles on détermine la durée des révolutions sont sujettes à de petites erreurs, et parce que les attractions réciproques des satellites rendent les intervalles de ces révolutions inégaux.

Au lieu de déterminer les révolutions des satellites par des observations réelles, j'en ai calculées directement par les tables : j'avois par-là même l'avantage

¹ *FFargentin*, en employant ses Tables corrigées et les mêmes observations du premier satellite, ne trouve que $4^h 7' 45^s$ pour la longitude de la *Barbade* ; mais il ajoute : « Si differentia meridianorum inventa non est vera, cum potius aliquot secundis suspendam quam minusdum pecto, sed parati. » *Philosophical Transactions for the year 1766*, p. 264 et 266.

² *Bode's astronomisches Jahrbuch, III.^{ter} Supplement-Band*, S. 74.

³ *Zach, Monatliche Correspondenz für 1808, december*, S. 514.

⁴ *Observations physiques et mathématiques, etc.*, p. 227. Paris, 1688, in-8°.

de pouvoir juger, jusqu'à un certain point, de la bonté des observations employées, en supposant que les tables ne puissent pas être de beaucoup en erreur sur le temps des intervalles : car, dans ce cas, il faut que la différence entre le calcul et les observations soit peu considérable, et que les tables pèchent toujours dans le même sens. Toutes les observations qui s'écartent trop de cette loi peuvent être regardées comme suspectes, et il importe peu dans ce genre de recherches que la différence provienne de l'époque moyenne des tables, ou de la durée calculée des éclipses ou de la force des lunettes. J'ai déjà observé plus haut que j'ai eu la précaution de ne comparer aux tables que des observations faites avec des lunettes d'une longueur et d'une construction semblables à celles pour lesquelles les tables de M. Delambre ont été calculées. Lorsque le grossissement des lunettes étoit considérablement plus fort, j'ai corrigé le temps de l'immersion ou de l'émergence, en comparant, pour un lieu dont la longitude est suffisamment connue, le résultat des tables à celui tiré d'une observation faite avec un grossissement également fort. Cette méthode ressemble beaucoup à celle qui a été proposée par *Wargentin* *. Elle a en outre l'avantage que l'on peut employer les anciennes tables des satellites.

Dans tous les cas où je n'ai pu employer la dernière méthode, faite d'observations faites à peu près à la même époque, et avec des lunettes d'un grossissement semblable à celui que les tables supposent, j'ai été forcé de comparer directement les observations aux tables de M. Delambre. Il est connu que les résultats sont d'autant plus précis que l'on peut comparer à la fois des immersions et des émergences, parce qu'alors les erreurs qui proviennent d'un grossissement trop fort ou trop faible, se détruisent mutuellement. La méthode très-usitée de prendre la moyenne entre les résultats tirés des immersions et des émergences, peut cependant quelquefois conduire à des erreurs assez considérables. On n'obtient véritablement une longitude, dégagée de l'influence de la bonté relative des lunettes, que dans le cas où le nombre des immersions égale à peu près celui des émergences. Les circonstances particulières qui accompagnent chaque observation, la distance du satellite à Jupiter, sa hauteur au-dessus de l'horizon, l'élongation de la planète au soleil, les taches répandues sur la partie visible du disque du satellite, et la fatigue des yeux, agissent simultanément sur le temps de l'émergence et de l'immersion. En ne comparant entre elles qu'un très-petit nombre d'éclipses, on court risque d'attribuer aux lunettes ce qui n'appartient qu'aux erreurs des observations, et je regarde comme exacte

* *Philosophical Transactions for the year 1766*, p. 276.

la règle donnée par le père *Holl* ¹ : « *Tot fere requiro immersiones, quot emersiones.* » Je passe ici sous silence la méthode proposée par le père *Hallerstein* ², pour déduire le résultat le plus sûr d'un certain nombre d'observations des satellites. Cette méthode, comme l'a déjà fait remarquer *Lambert* ³, exige des combinaisons très-compiquées. Un astronome, d'ailleurs très-habile, a fait récemment la remarque suivante sur le calcul des éclipses de satellites ⁴. « Il est avantageux, dit-il, de choisir deux endroits dont l'un est à l'est, et l'autre à l'ouest du lieu dont on veut déterminer la longitude. Dans ce cas, les petites erreurs se détruiront mutuellement, et l'on obtiendra un résultat assez exact en prenant le terme moyen des deux comparaisons. » Il est facile de voir que cette règle renferme un paralogisme, et que la longitude obtenue ne peut être jamais plus exacte que la différence des temps, quelle que soit la position des lieux où les observations correspondantes aient été faites.

Après avoir expliqué les méthodes propres à déduire les positions géographiques des phénomènes célestes, il me reste encore à développer comment la différence des méridiens peut être déterminée avec beaucoup de précision par des angles de hauteur, des azimuts et des bases perpendiculaires. Cette méthode a été employée par M. de Humboldt pour lier le port de la Vera-Cruz à la capitale du Mexique. On avoit proposé, long-temps avant lui, de chercher la distance de deux objets par la différence de leurs hauteurs; mais il a été le premier à se servir de bases perpendiculaires pour mesurer une distance de trois degrés de longitude. *Varenus* ⁵ indique le problème : « *Data oculi altitudine et visæ alicujus erectæ magnitudinis, turris, mali navis vel montis altitudine, invenire distantiam hujus ab oculo.* » Lord *Mulgrave* ⁶, plus connu sous le nom de capitaine Phipps, employa le même moyen pour déterminer la distance respective de deux vaisseaux; il appelle la méthode *hypsométrique* la méthode des mâts, *method of tops*. *Borda* ⁷,

¹ *Ephemerides astronomicae Finkelbonensis*, etc., anni 1764, p. 190. Et loc. cit. anni 1765, p. 258.

² *Bode astron. Jahrbuch für 1776*, S. 205 et suiv.

³ *L. c.*, p. 208 et suiv.

⁴ *Geographische Ortsbestimmungen im niederländischen Kreise*, S. 136, 1801.

⁵ *Geographia generalis*, p. 482. Cantabrigia, 1672.

⁶ *Voyage towards the north pole.*

⁷ *Voyage fait par ordre du roi en 1771 et 1772*, T. I, p. 117.

Dagelet et *M. Horner* * l'ont employée sur mer pour déterminer à la voile, soit la hauteur des montagnes, soit la distance du vaisseau aux objets relevés. MM. Allent, Ramond et Puissant ont aussi traité de l'application du baromètre à la triangulation d'un pays de montagnes. J'ai indiqué dans le second volume de cet ouvrage l'esprit de cette méthode et les circonstances qui rendent les résultats plus ou moins sûrs. Je me borne ici à donner la démonstration de la formule dont je me suis servi pour déterminer la distance horizontale des objets observés.

Soit n , la différence de hauteur de deux objets terrestres; δ , l'élévation apparente d'un des objets; C , l'angle au centre de la terre compris entre les deux objets; f , la réfraction terrestre; e , l'excentricité de la terre; D , la distance horizontale des objets; et λ , la latitude du lieu de l'observation; nous aurons :

$$D = n \left(\frac{\cos. (\delta + C - f)}{\sin. (\delta + \frac{1}{2} C - f)} \right)$$

et

$$C = \frac{D (1 - e^2 \sin.^2 \lambda)}{\text{rayon } \delta \sin. 1''};$$

mais le triangle que l'on se propose de résoudre étant rectangle, à la quantité $\frac{C}{2}$ près, l'on pourra substituer, pour l'équation donnée ci-dessus :

$$D = n \cotang. (\delta + \frac{1}{2} C - f)$$

ou

$$D = n \cotang. (\delta + w),$$

w exprimant la correction de l'angle apparent due à la réfraction terrestre et à l'inclinaison de l'horizon. La dernière équation renferme, il est vrai, l'angle w qui est fonction de D ou de la distance cherchée; mais, par une approximation très-facile, on obtiendra w avec assez de précision pour que son influence sur la distance D soit absolument nulle. On supposera d'abord pour D une valeur approchée, et l'on répètera le calcul jusqu'à ce que la valeur supposée coïncide avec la valeur de $n \cotang. (\delta + w)$. Trois suppositions suffiront presque toujours pour parvenir à un résultat suffisamment exact.

* *Voyage de La Peyrouse*, T. II, p. 141.

* *Zach*, *Monatliche Correspondenz für 1805*, februar, S. 156.

Si toutefois l'on veut éliminer w de l'équation $D = n \cotang. (\delta + w)$, il faut substituer à D sa valeur $= \frac{n \cos. (\delta + w)}{\sin. (\delta + w)}$; et l'on aura :

$$D \sin. (\delta + w) = n \cos. (\delta + w)$$

et

$$D \sin. \delta \cos. w + D \cos. \delta \sin. w = n \cos. \delta \cos. w - n \sin. \delta \sin. w.$$

L'angle w étant très-petit, on peut substituer à $\cos. w$ l'unité, et à $\sin. w$ l'arc correspondant, et l'on obtiendra :

$$D \sin. \delta + w D \cos. \delta = n \cos. \delta - n w \sin. \delta.$$

Soit maintenant $\frac{1 - e^2 \sin^2 2\lambda}{\text{rayon } \delta \sin. 1''} = \Delta$; le rapport de la réfraction terrestre à l'angle au centre de la terre $= m$; nous aurons :

$$w = (0,5 - m) C = D (0,5 - m) \Delta;$$

et par conséquent :

$$D^2 (0,5 - m) \Delta \cos. \delta + D \sin. \delta + D (0,5 - m) \Delta n \sin. \delta - n \cos. \delta = 0$$

ou

$$D^2 (0,5 - m) \Delta + D (1 + (0,5 - m) \Delta n) \tang. \delta - n = 0,$$

et

$$D^2 + D \left(\frac{1 + (0,5 - m) \Delta n}{0,5 - m} \right) \tang. \delta - \frac{n}{0,5 - m} = 0$$

ou

$$D = \pm \sqrt{\left[0,25 \left(\frac{\tang. \delta + \tang. \delta (0,5 - m) \Delta n}{0,5 - m} \right)^2 + \frac{n}{0,5 - m} \right] - 0,5 \left(\frac{\tang. \delta + \tang. \delta (0,5 - m) \Delta n}{0,5 - m} \right)}$$

Cette équation n'est pas rigoureusement exacte, parce qu'on a négligé quelques termes du second ordre dont la valeur est très-petite : je préfère de calculer d'après l'équation : $D = n \cotang. (\delta + w)$.

Nous discuterons encoinctement l'exactitude que l'on peut atteindre en employant la *méthode hypsométrique*. On conçoit, à la première vue, que la différence des hauteurs a la plus grande influence sur la distance horizontale cherchée, parce qu'elle dépend de la cotangente d'un angle qui est le plus souvent très-petit. En différenciant la formule $D = n \cotang. (\delta + w) = n \cotang. \delta'$ par rapport à D et n , on trouve $\Delta n = \Delta n \cotang. \delta'$. La différence des

hauteurs des objets au-dessus du niveau de la mer, n , est généralement déterminée en employant une méthode composée à demi barométrique, à demi trigonométrique. On peut craindre les effets de la réfraction terrestre; mais dans l'opération exécutée au Mexique, M. de Humboldt a eu la précaution d'observer, à différentes reprises et à différentes heures du jour, les élévations apparentes des montagnes qui ont servi pour lier la Vera-Cruz à la capitale. En calculant ses observations, j'ai profité de l'excellent travail de M. de Lindenau¹, sur les réfractions terrestres. Je me flatte d'avoir atteint un degré d'exactitude assez grand: car le résultat de la méthode des azimuts ne diffère de celui des observations astronomiques de M. de Humboldt, sur une distance de 300000 mètres, que de 5 secondes de temps². Il se pourroit que, d'après les belles recherches de M. La Place³, la réfraction terrestre que j'ai employée eût besoin d'une petite correction; mais en réfléchissant sur la position des points situés entre la Vera-Cruz et Mexico, on se convaincra aisément que cette correction n'a que très-peu d'influence sur la distance horizontale, parce qu'on a observé l'élévation apparente de plusieurs montagnes liées les unes aux autres. L'erreur pourroit devenir considérable, s'il s'agissoit de déduire une distance d'un seul angle de hauteur.

Soit la hauteur de la première station A, au-dessus de l'Océan = H ; sa distance à la verticale de l'objet terrestre α , dont on veut déterminer la hauteur au-dessus de la première station = d ; l'élévation apparente de cet objet = δ ; son élévation vraie = $(\delta + \frac{1}{2} C - p)$. En regardant comme variable la réfraction terrestre p , et comme exempt d'erreurs δ et $\frac{C}{2}$; et en différenciant la formule $n = d \operatorname{tang} (\delta + \frac{1}{2} C - p)$, nous obtiendrons:

$$\Delta n = \left(\frac{d \sin. 1''}{\sin.^2 (\delta + \frac{1}{2} C - p)} \right) \Delta (\delta + \frac{1}{2} C - p).$$

Soit, pour une seconde station, B, la hauteur au-dessus de la mer = H' ; la différence relative des hauteurs ou $n' = H + n - H'$; l'élévation apparente de l'objet α observé à la première station = δ' ; la distance cherchée de l'objet terrestre α à la seconde station = d' ; l'angle au centre de la terre = C' , et la réfraction = p' ; nous aurons:

¹ *Zach, Monatliche Correspondenz* für 1805. *May und Junius*.

² *Foyes* plus bas Vol. I, p. 372; et Vol. II, p. 537 à 546.

³ *Mécanique céleste*, 2.^e partie, Liv. X, c. 2 { T. IV, p. 277 }.

$d' = n' \cotang. (\delta' + \frac{1}{2} C' - p')$
 par conséquent,

$$\Delta d' = \cotang. (\delta' + \frac{1}{2} C' - p') \Delta n' - \left(\frac{n' \sin. 1''}{\sin. (\delta' + \frac{1}{2} C' - p')} \right) \Delta (\delta' + \frac{1}{2} C' - p')$$

Nous supposerons exacte la différence des hauteurs des deux stations, ou $H = H'$, déterminée, soit au moyen du baromètre, soit par un nivellement géométrique. Nous avons en outre :

$$n' = H - H' + n;$$

par conséquent,

$$\Delta n' = \Delta n.$$

Substituons cette valeur dans la seconde équation, et nous trouverons :

$$\Delta d' = \cotang. (\delta' + \frac{1}{2} C' - p') \left(\frac{d \sin. 1''}{\sin. (\delta' + \frac{1}{2} C' - p')} \right) \Delta (\delta' + \frac{1}{2} C' - p') - \left(\frac{n' \sin. 1''}{\sin. (\delta' + \frac{1}{2} C' - p')} \right) \Delta (\delta' + \frac{1}{2} C' - p').$$

Cette formule prouve évidemment que l'erreur qui provient d'une fausse supposition de réfraction, sera diminuée considérablement, par la circonstance que les deux membres de la formule ont des signes contraires. L'angle $(\delta' + \frac{1}{2} C' - p')$ qui a servi pour la détermination de la différence de hauteur, n , sera presque toujours beaucoup plus grand que l'angle $(\delta' + \frac{1}{2} C' - p')$ ou l'élévation de l'objet dont on cherche la distance horizontale à la seconde station. Il en résulte que $\Delta (\delta' + \frac{1}{2} C' - p')$ devient aussi plus grand que $\Delta (\delta' + \frac{1}{2} C' - p')$. De plus, d étant beaucoup plus grand que la différence de hauteur, n' , le terme

$$\frac{n' \sin. 1''}{\sin. (\delta' + \frac{1}{2} C' - p')} \text{ devient beaucoup plus petit que } \frac{\cotang. (\delta' + \frac{1}{2} C' - p') d \sin. 1''}{\sin. (\delta' + \frac{1}{2} C' - p')}.$$

L'effet de la valeur de ces deux termes sur le résultat définitif sera diminué de beaucoup, parce que $\Delta (\delta' + \frac{1}{2} C' - p')$, qui correspond au terme le plus petit, est plus grand que $\Delta (\delta' + \frac{1}{2} C' - p')$; d'où il résulte que, dans des opérations hypsométriques bien combinées, l'influence de la réfraction est moins considérable que l'on pourroit le croire au premier abord.

Dans les observations faites entre Mexico et la Vera-Cruz, les hauteurs absolues des stations ont été déterminées par la formule de M. La Place. En outre, les mesures ont été faites avec le même instrument; et l'exactitude du résultat de longitude dépend uniquement de la différence des hauteurs. Le coefficient barométrique employé pourroit être en erreur; la distance obtenue resteroit la même.

Astronomie.

En supposant même que chaque angle de hauteur étoit faux de $30''$, et que toutes les erreurs agissent dans le même sens, leur somme n'influerait encore que de 1100 mètres sur la distance, et la différence de longitude ne seroit pas changée de deux secondes et demie en temps.

III. DÉTERMINATION DE LA HAUTEUR DES LIEUX AU-DESSUS DU NIVEAU DE L'Océan.

M. de Humboldt n'a pas seulement déterminé la latitude et la longitude d'un grand nombre de lieux dans lesquels il a séjourné : il a aussi fixé leur élévation au-dessus du niveau de l'Océan. Ayant à calculer, d'après la formule de M. La Place et le nouveau coefficient de M. Ramond, près de cinq-cents hauteurs barométriques, j'ai construit des tables propres à faciliter ce genre de calcul. Tout ce qui a rapport à la construction de ces tables se trouve expliqué dans un mémoire qui précède le nivellement géologique des Cordillères. (Vol. I, p. 336.) et dans mes *Tables hypsométriques portatives*. (Paris, 1811, chez F. Schoell.)

J'ai traité, dans ce Discours préliminaire, des différens moyens par lesquels on détermine la position des lieux d'après les trois coordonnées de *latitude*, de *longitude* et de *hauteur* : j'ai tâché de développer les motifs qui m'ont guidé dans le choix des méthodes de calcul que j'ai employées ; j'ai rappelé quelques faits qui se lient immédiatement à l'histoire du perfectionnement progressif de l'astronomie pratique. Puisse ce travail, et les résultats que nous présentons, M. de Humboldt et moi, dans le cours de cet ouvrage, exciter des voyageurs zélés et instruits à rectifier la géographie de l'intérieur des continens, à réunir aux observations astronomiques des nivellemens barométriques, et à fournir par là des données qui intéressent à la fois l'astronome, le géographe et le physicien !

A Paris, au mois d'août 1811.

J. OLTMANN.

TABEAU DES POSITIONS GÉOGRAPHIQUES.

TABLEAU
DES
POSITIONS GÉOGRAPHIQUES
DU NOUVEAU CONTINENT,
DÉTERMINÉES
PAR DES OBSERVATIONS ASTRONOMIQUES
DE M. DE HUMBOLDT
ET DE PLUSIEURS NAVIGATEURS FRANÇOIS, ANGLAIS ET ESPAGNOLS.
CALCULÉES
D'APRÈS LES TABLES LES PLUS RÉCENTES,
ET
EN SUIVANT UNE MÉTHODE UNIFORME,
PAR J. OLTMANN.

INTRODUCTION.

Ce Tableau contient les résultats des nombreuses observations qui ont été discutées dans le *Recueil d'Observations astronomiques, d'Opérations trigonométriques et de Mesures barométriques faites par M. de Humboldt en 1799—1804*. On a ajouté aux positions déterminées par ce voyageur, et dont le nombre s'élève à 235, les résultats des observations de Feuillée, Gamboa, Hérera, La Condamine, Bouguer, Ulloa, Don Jorge Juan, Puysegur, Chabert, Fleurieu, Borda, Pingré, Maskelyne, Collnett, Lowenörn, Velasquez, Gama, Malaspina, Ferrer, Galiano, Churrueta, Robredo, Lemaire, Montes, Isasvirivill, Del Rio, Quartara, Ugarte, Fidalgo, Noguera, Tiscar, Espinosa, Cevallos, Silva, Cabrié, Ellicot et Caldas.

Tous les calculs ont été faits d'après une méthode uniforme, en employant les tables solaires de MM. de Zach et Delambre, et les tables lunaires de MM. Bürg et Tricnecker. Les distances lunaires ont été corrigées par des observations de Greenwich et de Paris. On a indiqué, outre les noms des lieux, la longitude comptée à l'ouest du méridien de l'observatoire de Paris, la latitude, le nom de l'observateur, et le genre d'observation sur laquelle se fonde le résultat. Plusieurs points ont été déterminés à la fois d'après les trois coordonnées de latitude, de longitude et de hauteur. En ce cas, l'élévation des lieux, mesurée au moyen du baromètre, a été calculée d'après la formule de M. Laplace, en y ajoutant le nouveau coefficient de M. Ramond.

Les cartes dressées et publiées par M. de Humboldt (telles que l'Atlas de la Nouvelle-Espagne, la carte de l'Orénoque, du Cassiquiaré et du Rio Negro, celles

de la rivière de la Madeleine, des provinces de Quixos et de Jaen de Bracamoros; etc.), sont fondées sur les positions qui sont contenues dans ce Tableau.

Nous avons publié, M. de Humboldt et moi, au commencement de l'année 1808, un *Conspectus longitudinum et latitudinum*, qui renferme 291 positions. Il est presque superflu d'observer que les petites différences que l'on trouve entre ce Conspectus et le Tableau que nous offrons aujourd'hui au public, proviennent de ce que, pour le dernier travail, on a pu employer et discuter un plus grand nombre de matériaux propres à inspirer de la confiance.

Les signes ajoutés aux nombres désignent :

- ⊙ Détermination de longitude par le chronomètre.
- ☉ par des éclipses de soleil.
- ☾ par des éclipses de lune.
- ☾ par la culmination de la lune.
- ☾ par des distances de la lune au soleil.
- ☾ par des distances de la lune aux étoiles.
- ☾ par des éclipses de satellites de Jupiter.
- ☿ par des passages de Mercure.
- ♀ par des passages de Vénus.
- ♂ par des occultations d'étoiles.
- Δ Résultat d'une opération trigonométrique ou d'une observation hypométrique.

Les deux dernières colonnes renvoient au *Recueil d'Observations astronomiques*, publié en français, et à mon ouvrage allemand intitulé : *Recherches sur la géographie du Nouveau Continent (Untersuchungen über die Geographie des Neuen Continents)*.

JABBO OLTMANNS.

Paris, juin 1810.

TABLEAU
DES
POSITIONS GÉOGRAPHIQUES
DU NOUVEAU CONTINENT,
DÉTERMINÉES
PAR DES OBSERVATIONS ASTRONOMIQUES
DE M. DE HUMBOLDT.

HÉMISPHERE BORÉAL.
ESPAGNE.

N.°	NOM DES LIEUX.	LONGITUDE		LATITUDE.	Observateur	véritables employes	Remarques et indication des hauteurs.	SÉRIE D'Observations astronomiques.	Géographie astronom. du Nouveau Continent.
		en temps.	en sec.						
1	Barcelone.	0 38,3	0 9 35	41 38 38	Humboldt.	⊙		I. 3	I. 4
2	Montserrat.	0 1 55,6	0 28 54	.....	Humboldt.	⊙		I. 5	I. 6
3	Col de Balaguet.	.....	.....	40 58 30	Humboldt.			I. 7	I. 7
4	Valence.	0 11 0,6	0 45 9	39 28 42	Humboldt.	⊙		I. 9	I. 10-11
5	Murviédro.	0 10 39,3	0 39 33	39 40 26	Humboldt.	⊙		I. 17	I. 18
6	Madrid.	0 24 30,0	6 2 30	40 25 6	Chaz et Humboldt.	⊙, *	30p toises.	I. 18	I. 19
7	Aranjuez.	0 25 46,0	5 56 30	40 1 54	Bouss et Humboldt.	⊙		I. 20	I. 21
8	La Corogne.	0 43 1,0	10 45 15	.....	Humboldt.	⊙		I. 24	I. 25
9	Ferrol.	0 42 21,0	10 25 15	45 00	Humboldt.	⊙		I. 24	I. 26
10	Cádiz.	0 34 30,8	8 37 37	36 30 0	Canelas.	⊙, *		I. 25	I. 26
11	Isla de Leou.	0 34 9,0	8 30 15	36 27 45	Canelas.	⊙, *		I. 26	I. 26
12	Cartagène du Levant.	0 13 34,5	3 23 37	37 35 40	Tixer, S. Clara.	*		I. 26	I. 27

ISLES CANARIES

ET

CÔTES DE LA TERRE FERME DE L'AMÉRIQUE.

N.º	NOMS DES LIEUX.	LONGITUDE		LATITUDE.	Observations	MÉTIERES employés.	Remarques et indications des hauteurs.	ARCHEV. d'Observations géométriques.	Géographie relative des Mers et Continents.
		en temps.	en arc.						
13	S. Cruz de Tenerife.	1 14 12,3	18 33 5	28 28 30	Humboldt.	⊙		I. 27	I. 29
14	Boca de Diagon.	4 18 10,3	61 32 35	...	Humboldt.	⊙	distance.	I. 36	I. 35
15	Cabo de tres Puntas.	4 20 16,3	65 4 5	...	Humboldt.	⊙	distance.	I. 36	I. 35
16	Cabo Macanao, p. O.	4 27 8,3	66 47 3	...	Humboldt.	⊙		I. 41	I. 43
17	Salina de Azaya.	4 26 7,6	66 31 56	10 43 0	Humboldt.	⊙		I. 25	I. 25
18	Cemena.	4 26 0,6	66 30 0	10 27 53	Humboldt.	⊙, X, Z, 30		I. 40-92	I. 44-95
19	Nueva Barcelona.	4 28 19,3	67 4 48	10 6 53	Humboldt.	⊙		I. 256	I. 263
20	Cabo Codera.	4 33 33,3	68 18 32	10 25 56	Tarret.	⊙			I. 157
21	La Gacaya.	4 37 48,3	69 27 0	10 36 19	Humboldt et Tarret.	⊙		I. 186	I. 138
22	Cabo Blanco.	4 38 1,0	69 30 30	10 36 40	Humboldt.	Δ		I. 191	I. 143
23	Porto Cavillo.	4 42 28,3	70 37 3	10 29 23	Humboldt.	⊙	lat. supp.	I. 204	I. 154
24	Santa Marta.	4 5 28,3	76 28 43	11 19 39	Fruillan.	⊙			I. 158
25	Cortegena de Indios.	5 11 20,3	77 50 0	10 25 38	Fidalgo et Humboldt.	⊙, X, Z		H. 148-183	H. 9-46
26	N. Señera de la Papa.	5 11 14,3	77 48 33	10 26 37	Fidalgo et Humboldt.	⊙		H. 183	H. 46
27	Buco et Notre Hor- moso.	5 9 14,3	77 18 36	10 68 0	Fidalgo.	⊙			I. 160
28	Punta Galera.	5 10 43,3	77 40 50	10 48 0	Fidalgo.	⊙			I. 160
29	Cap nord de la Tierra Bomba.	5 11 24,3	77 51 5	10 25 0	Fidalgo.	⊙			I. 160
30	Cap sud de la Tierra Bomba.	5 11 28,3	77 53 8	10 23 37	Fidalgo.	⊙			I. 160
31	Cerro de Tigre.	5 11 30,3	77 53 33	9 53 50	Fidalgo.	⊙			I. 160
32	El Zapote.	5 11 30,3	77 53 33	9 59 6	Fidalgo.	⊙			I. 160
33	Pico de Salmedina.	5 21 41,3	77 55 53	10 23 0	Fidalgo.	⊙			I. 160
34	Isla de Barú, p. S.	5 23 50,3	77 57 33	10 9 30	Fidalgo.	⊙			I. 160
35	Punta Gigote.	5 27 34,3	77 53 41	...	Humboldt.	⊙, ⊙		H. 143	I. 3

N. ^o	NOM DES LIEUX.	LONGITUDE		LATITUDE.	Observations	MÉTODE employée.	Remarques et indication des hauteurs	OBJET d'Observation astronomique	Longueurs du Cercle
		en temps.	en arc.						
36	Isla de Arenas.	5 12 8,7	78 2 10	10 11 0	Humboldt.	⊙		H. 14	H. 1
37	L. del Rosario Cap. N. E.	5 12 16,3	78 4 5	10 11 40	Fidalgo.	⊙			I. 160
38	Trüpan. Cap. N. E.	5 12 30,3	78 7 35	9 51 50	Fidalgo.	⊙			I. 160
39	Isla Macara.	5 12 53,0	78 13 31	10 11 0	Humboldt.	⊙		H. 14	H. 0
40	Isla Foerte.	5 13 56,3	78 29 5	9 24 0	Fidalgo.	⊙			I. 160

INTÉRIEUR DE LA NOUVELLE ANDALOUSIE ET DE VENEZUELA.

41	Cerro del Imposible.	4 25 44,5	66 26 8	10 26 0	Humboldt.	⊙	lat. supp. 102 toises.	L. 94	I. 97
42	San Fernando.	4 16 45,7	66 11 25	10 21 0	Humboldt.	⊙	lat. supp.	L. 95	I. 98
43	Cumanacoa.	4 25 15,8	66 18 50	10 16 11	Humboldt.	⊙	104 toises.	L. 95	I. 99
44	Cerro del Cocollar.	4 25 17,4	66 19 21	10 9 37	Humboldt.	⊙	400 toises.	L. 97	I. 100
45	Sao Antonio.	4 25 18,4	66 19 6	10 10 0	Humboldt.	⊙	lat. supp.	L. 99	I. 101
46	Caripa.	4 44 55,1	68 23 42	10 20 14	Humboldt.	⊙	412 toises.	L. 100	I. 103
47	Pueblo de Macuto.	4 37 39,0	69 21 48	10 36 39	Ferrir.	⊙		L. 107	I. 157
48	Caracas.	4 37 40,0	69 25 0	10 30 50	Humboldt.	⊙, 12. 34 00	(54 toises.	L. 128—183	I. 112—135
49	Venta Grande, entre Caracas et la Guayra.	4 37 51,1	69 37 47	10 33 9	Humboldt. (2. 40—61.)	⊙	606 toises.	L. 185	I. 136
50	Silla de Caracas.	4 37 16,5	69 21 37	10 31 5		△	1350 toises	L. 191	I. 145
51	Hacienda del Tuy.	4 39 10,3	69 47 35	10 16 44		⊙, 20	195 toises.	L. 194	I. 145
52	La Victoria.	4 39 22,8	69 50 49	10 13 35		⊙	269 toises.	L. 197	I. 149
53	Hacienda de Cera.	4 41 0,8	70 15 19	10 15 40		⊙	226 toises.	L. 199	I. 150
54	Nuevo Valencia.	4 41 15,3	70 33 48	10 9 56		⊙	234 toises.	L. 200	I. 152
55	Guicaza.	4 41 49,3	70 25 33	10 11 23		⊙	269 toises.	L. 207	I. 161
56	Gnigee.	4 41 40,1	70 25 1	10 5 11		⊙	222 toises.	L. 209	I. 165
57	Villa de Cura.	4 40 20,2	70 5 3	10 11 47		⊙	206 toises.	L. 210	I. 163
58	San Juan.	4 40 41,1	70 0 17	9 58 0		⊙	lat. supp. 94 toises.	L. 211	I. 164
59	Calabozo.	4 40 49,2	70 10 40	8 58 8		⊙		L. 212	I. 165
60	Sao Fernando de Apure.	4 41 10,2	70 20 12	7 53 12		⊙	34 toises.	L. 215	I. 167
61	Boca de Apure.	4 36 30,0	69 7 30	7 36 23		⊙		L. 217	I. 169

ORINOCO, CASSIQUIARE

ET

RIO NEGRO.

N.º	NOMS DES LIEUX.	LONGITUDE		LATITUDE	Observations	Métromètre employé	Remarques et indication des hauteurs.	NOMS d'Observa- teurs autres américains.	Géographes indiqués de Nouveaux Continents.
		en temps.	en sec.						
61	San Rafael del Ca- pachano.	4 36 25,0	69 3 30	7 37 43	Humboldt. (n. 60-82.)	⊙		I. 244	I. 190
62	Puerto de los Frailes.	4 39 45,3	69 26 30	7 50 0		⊙	lat. supp.	I. 246	I. 193
64	Boca del Infierno.	4 28 42,1	69 10 31	7 32 0		⊙	lat. supp.	I. 246	I. 194
65	Rio Carona.	4 28 24,3	69 3 20	7 59 14		⊙		I. 247	I. 195
66	Santo Tomas de la N. Guayana.	4 25 1,4	66 15 11	8 8 11		⊙		I. 249	I. 196
67	Villa del Paco.	4 28 32,8	69 8 22	8 37 37		⊙		I. 233	I. 203
68	Caceruparo.	4 37 20,1	69 17 21	9 15 38		⊙		I. 218	I. 171
69	Ureana.	4 38 43,2	69 40 48	7 8 3		⊙		I. 220	I. 172
70	Boca del Rio Meta.	4 40 17,0	70 4 29	6 20 0		⊙	lat. supp.	I. 222	I. 173
71	Isla de Panomani.	4 40 34,6	70 8 39	5 41 0		⊙	lat. supp.	I. 223	I. 174
72	Atura.	4 41 17,4	70 19 21	5 37 34		⊙		I. 224	I. 174
73	Maypores.	4 41 30,2	70 37 33	5 13 32		⊙	93 toises.	I. 229	I. 177
74	Piedra Rata.	4 41 27,4	70 36 51	4 31		⊙		I. 229	I. 179
75	S. Fernando de Ata- lapo.	4 41 3,1	70 30 46	4 2 48		⊙	122 toises.	I. 231	I. 180
76	Conuco de Guapason.	.....	.....	3 53 55		⊙		I. 232	I. 181
77	S. Baltazar de Ata- lapo.	4 40 37,1	70 14 21	3 14 23		⊙		I. 233	I. 182
78	Javita.	4 41 28,0	70 22 9	2 48 0		⊙	lat. supp.	I. 232	I. 184
79	Puerto de S. Carlos.	4 39 54,6	69 58 39	1 53 42		⊙, Δ	127 toises.	I. 236	I. 185
80	Piedra de Calimacari.	4 38 12,3	69 33 50	2 2 40		⊙	long. demi.	I. 239	I. 187
81	Mandovico.	4 37 49,7	69 27 26	2 4 7		⊙		I. 241	I. 189
82	Esmeralda.	4 33 33,3	68 23 19	3 11 0		⊙	177 toises.	I. 240	I. 190
83	Santa Barbara del Aho Orinoco.	4 40 11,3	70 2 49	4 8 0		⊙	lat. supp.	I. 243	I. 191

INDES OCCIDENTALES OU GROUPE DES ANTILLES.

ISLE DE CUBA ET CANAL DE BAHAMA.

N.°	NOM DES LIEUX.	LONGITUDE		LATITUDE	Observations	Méthode employée.	Remarques et indication des hauteurs.	SÉRIAL d'Observa- tions astro- nomiques.	Géographie naturelle du Nouveau Continent.
		en temps.	en arc.						
84	La Havana. (Plaza Vieja)	5 38 49,0	84 42 15	23 8 13	Humboldt, Ferrer, Sa- lerno, Ra- brida.	☉	du n.° 84 au n.° 129, Isle de Cuba.	H. 53 — 54	1. 327 172
85	La Morra de la Havana.	5 38 54,5	84 43 8	23 9 27	.....	☉, ☉			1. 328
86	Hac. del Fondadero.	5 39 38,0	84 54 30	23 51 34	Humboldt.	☉		H. 58	1. 324
87	Rio Blanco.	5 38 5,0	84 31 15	23 54 24	Humboldt.	☉		H. 60	1. 325
88	Pueblo de Managua.	5 38 30,5	84 37 34	23 58 48	Humboldt.	☉		H. 64	1. 329
89	El Almirante.	5 38 24,5	84 36 7	23 57 36	Humboldt.	☉		H. 61	1. 327
90	San Antonio de Beitia	5 38 36,0	84 39 13	23 53 35	Humboldt.	☉		H. 63	1. 328
91	Los Gaios.	5 37 34,1	84 23 30	23 30 27	Lemaer, Humboldt.	☉ Δ		H. 73	1. 329
92	Ingenio de Beivave.	5 38 31,2	84 37 48	23 50 18	Lemaer.	Δ		H. 73	1. 329
93	San Antonio de los Baños.	5 39 21,5	84 50 13	23 53 31	Lemaer.	Δ		H. 74	1. 329
94	Sac. Antonio de Ba- rreto.	5 38 38,0	84 39 29	23 56 34	Humboldt.	☉		H. 65	1. 329
95	Villa de Matanzas.	5 35 58,7	83 59 40	23 33 28	Ferrer.	☉		H. 76	1. 331
96	Morillo de Canima.	5 35 55,7	83 59 40	23 33 28	Ferrer.	☉		H. 76	1. 331
97	Castillo S. Severino.	5 35 55,7	83 58 50	23 33 24	Ferrer.	☉		H. 76	1. 331
98	La Trinidad.	5 39 24,5	82 21 7	21 48 30	Humboldt.	☉		H. 68	1. 328
99	Santi-Espíritu.	5 27 8,0	82 47 0	21 57 36	Gambos.	☉	non pend.	H. 80	1. 326
100	S.ª Maria del Princi- cipe.	.....	.....	21 56 34	Gambos.	☉	données.	H. 80	1. 326
101	C. San Antonio, poco N. O.	5 49 0,5	87 17 29	21 55 0	Humboldt.	☉		H. 56	1. 323
102	Batabano.	5 39 3,7	84 45 30	23 43 29	Lemaer.	Δ		H. 75	1. 327
103	P. de Matanzas.	5 38 34,0	84 37 48	.....	Humboldt.	☉		H. 68	1. 328
104	Becca de Xagua.	5 31 37,5	82 56 22	.....	Humboldt.	☉		H. 68	1. 328
105	Becca del Rio S. Juan.	5 30 43,3	82 40 50	.....	Humboldt.	☉		H. 67	1. 328

N.º	NOM DES LIEUX.	LONGITUDE		LATITUDE	Observateur	astronom. employé	Remarques et indication des hauteurs.	hauteur d'observa- tion, avec compens.	Géographe de l'expédition
		en temps.	en arc.						
106	Boca Guayabo.	5 29 34,5	82 23 37	11 45 46	Humboldt et Del Rio.	⊙		11. 75	1. 287
107	Puerto Casilda.	5 29 34,5	82 21 7	11 45 16		⊙		11. 73	1. 287
108	Cabo de Cruz.	5 30 18,0	80 4 30	19 47 16	Ferrer et Cevallos	⊙		11. 75	1. 293
109	Pico Tarquino.	5 16 41,3	79 10 22	19 52 57		⊙		11. 75	1. 297
110	Morro de Cuba.	5 23 24,3	78 21 43		Cevallos et Horta.	⊙		11. 75	1. 290
111	Gaquitoma.	5 10 43,0	77 40 43			⊙		11. 75	1. 290
112	Cabo Beato.	5 6 22,3	76 35 35	20 6 10	Ferrer et Cevallos.	⊙	lat. dou- ble de 2° à 3°	11. 7 6	1. 291
113	Punta Mayni.	5 3 52,5	76 28 8	20 25 40	Ferrer et Cevallos.	⊙		11. 75	1. 291
114	Punta de Mala.	5 11 52,0	77 58 0	21 4 35	Ferrer.	⊙		11. 77	1. 293
115	Punta Sabanilla.	5 33 47,1	83 56 47	23 4 30	Ferrer.	⊙ Δ		11. 76	1. 297
116	Punta de Guaymas.	5 36 14,3	84 3 37	23 9 27	Ferrer.	⊙		11. 76	1. 291
117	Pan de Matanzas.	5 36 17,6	84 4 24	23 1 39	Ferrer et Montes.	⊙		11. 76	1. 291 — 487
118	Teta de Managua.	5 38 39,3	84 39 53	22 57 38	Lamar, Humboldt.	⊙ Δ		11. 65	1. 280
119	Cerro Guayabo.	5 43 7,1	85 46 47	22 47 46	Ferrer.	⊙		11. 76	1. 291
120	Punta del Olancho.	5 48 27,3	87 6 52	21 47 0	Ugarte.	⊙	de 2° 120-125 sans incert. de 3° à 5° en long.		1. 293
121	Cabo Corrientes.	5 47 15,5	86 48 52	21 44 30	Ugarte.	⊙			1. 293
122	Marid.	5 40 22,5	85 5 37	23 3 30	Ugarte.	⊙		11. 78	1. 293
123	Cavallos.	5 41 7,5	85 16 50	23 4 0	Ugarte.	⊙			1. 293
124	Becca Hooda.	5 42 7,5	85 31 50	22 57 0	Ugarte.	⊙			1. 293
125	Punta Matecillos.	5 17 25,8	79 21 22	21 40 0	Ugarte.	⊙			1. 293
126	Cayo de Don Chris- toph.	5 37 24,0	84 21 0	22 10 0	Humboldt.	⊙		11. 109	1. 297
127	Cayo Flamengo.	5 36 14,1	84 3 30	22 0 0	Humboldt.	⊙		11. 110	1. 298
128	Las piedras de Diego Perez	5 36 22,1	84 3 2	22 50 10	Humboldt.	⊙		11. 111	1. 299
129	Cayo de Piedras.	5 34 28,5	83 37 22	21 56 40	Humboldt.	⊙		11. 211	1. 299
130	Cayo Verde.	5 30 2,0	80 0 30	22 5 6	Ferrer.	⊙	de 2° 120 21 0° 160, Vieja Ca- nal de Ba- hama.		1. 301
131	Cayo Leñitas.	5 20 19,5	80 7 45	22 23 44	Ferrer.	⊙		11. 147	1. 301
132	Cayo de Labos.	5 19 46,0	79 56 43	22 24 50	Ferrer.	⊙			1. 301
133	Cayo Guajacho.	5 21 40,0	80 25 0	22 44 0	Ferrer.	⊙			1. 301

N ^o	NOMS DES LIEUX.	LONGITUDE		LATITUDE	Observations	MÉTÈRES employés.	Remarques et indication des hauteurs	NOTES d'observa- tions autres remarques.	Géographe auteur de la carte
		en temps.	en arc.						
134	Punta del Diamante.	5 18 36,0	79 39 0	33 10 0		⊙			1. 301
135	Tributario de la Mi- nerva.	5 20 36,0	80 34 0	33 21 30		⊙			1. 301
136	Isla Angella, p. E.	5 26 41,0	81 40 15	33 28 0		⊙			1. 301
137	Cayo del Agua (mi- lito).	5 29 30,0	80 22 30	33 57 0	Plusieurs Officiers de la marine espagnole.	⊙		H. 140	3. 301
138	Cayo del Sol.	5 30 16,0	80 34 0	33 39 0		⊙			4. 301
139	Placer de los Raques (les dunes les plus à l'O.).	5 30 48,0	80 42 0	33 56 30		⊙			1. 301
140	Cordal Padre (milite).	5 33 36,0	82 34 0	33 14 0		⊙			1. 301
141	Point N. O. du Placer des Raques.	5 30 55,0	80 43 45	33 59 40	Ferret.	⊙			1. 476
142	Roc de dix brasses.	5 37 50,0	81 27 30	34 38 15	Ferret.	⊙			1. 476
143	Frank - Water - Key la pointe N.	5 38 54,4	81 28 30	34 45 30	Ferret.	⊙			1. 476
144	Cayo Largo, p. N. E.	5 31 42,7	80 55 41	34 30 30	Ferret.	⊙	Ces deux positions sont pen- sées iden- tiques.		1. 476
145	La pointe la plus N.	5 31 31,3	81 53 40	.....	Monts.	⊙			1. 476
146	Pointe S. E.	5 31 33,4	80 53 51	34 50 0	Ferret.	⊙			1. 472
147	Cayo Piraine, la pointe la plus au N.	5 31 18,0	80 49 30	.....	Monts.	⊙			1. 472
148	Cayo Romano, p. S.	5 30 10,0	80 22 30	31 53 0		⊙ Δ			1. 306
149	 p. N.	5 30 44,0	80 41 0	32 25 30		⊙ Δ			1. 306
150	Cayo del Crea, p. S.	5 30 50,0	80 13 0	33 8 0	Des Officiers de la marine espagnole. J'ai tâché de corriger les observa- tions par les détermina- tions chro- nométri- ques faites par M. M. de Humboldt, Ferret, Mon- taut, Ugarte.	⊙ Δ			1. 306
151	Isla Baril (milite).	5 31 54,0	80 23 30	33 24 0		⊙ Δ			1. 306
152	Paredon Grande, p. S.	5 31 54,0	80 28 30	33 25 0		⊙ Δ			1. 306
153	Cayo del Coco (milite).	.....	.....	33 28 0		⊙ Δ			1. 306
154	Ensenachas, p. S.	5 35 16,0	81 10 0	32 34 0		⊙ Δ			1. 306
155	Cayo Frances, p. S.	5 36 44,0	81 41 0	32 37 30		⊙ Δ			1. 306
156	Almedras.	5 37 59,0	81 58 0	32 44 0		⊙ Δ			1. 306
157	Carreteras.	5 39 5,3	81 16 18	32 51 30		⊙ Δ			1. 306
158	Cayo Julius Gordon.	5 39 22,0	80 20 30	31 58 30		⊙ Δ	La Caye la plus au nord.		1. 306
159	.....	5 39 28,0	80 22 0	32 57 30		⊙ Δ			1. 306

N.°	NOM DU LIEU.	LONGITUDE		LATITUDE	Observations	MÉTÈRE	Remarques et indication des hauteurs.	ELEVÉ	Géographie
		en temps.	en sec.						
159	Megano oriental (milieu).	3 30 48,0	82 42 0	23 8 0	Des Officiers de la marine espagnole. J'ai tâché de corriger les observations par les déterminations chronométriques faites par MM. de Humboldt, Ferrié, Moussier et Ligaria.	⊙ Δ			1. 306
160	Megano occidental (milieu).	3 31 30,0	82 52 30	23 10 30		⊙ Δ			1. 306
161	Groupe de six Cayes. Le p. le plus à l'E.	3 31 52,0	82 58 0	23 12 0		⊙ Δ			1. 306
162	Falcones, (à l'est-astral).	3 32 12,0	83 0 10	23 9 40		⊙ Δ			1. 306
163	Las Cabezas (milieu).	3 32 40,0	83 10 0	23 10 0		⊙ Δ			1. 306
164	Cayo Blanco.	3 33 58,0	83 20 30	23 10 30		⊙ Δ			1. 306
165	Carretero de Cayo Blanco (milieu).	3 34 2,0	83 30 42	23 10 0		⊙ Δ			1. 306
166	El Morillo (milieu).	3 34 30,0	83 37 30	23 10 40		⊙ Δ			1. 306
167	Cayo de Piedras.	3 34 56,0	83 36 42	23 11 0		⊙ Δ			1. 306
168	Cayo del Mono (milieu).	3 34 50,0	83 33 0	23 12 40		⊙ Δ			1. 306

ISLE DE SAINT-DOMINGUE.

169	Cap François.	4 58 32,7	74 38 10	19 40 30	Expédition de la Flotte et de l'Isle.	⊙ ⊙	de n.° 106 de n.° 116. Isle de St-Domingue.	II. 130	1. 304 — 354
170	Cap-François.	4 43 3,5	70 45 50	.....	Cavalles et Horra.	⊙		II. 130	1. 334
171	Cap-Rouge.	4 43 15,1	71 18 45	.....	Cavalles et Horra.	⊙		II. 130	1. 335
172	Cap-Saint.	4 48 15,3	71 33 40	19 46 00		⊙			1. 336
173	Cap-Cabron.	4 46 54,0	71 38 20	19 40 50		⊙			1. 336
174	Le Vieux Cap.	4 49 56,0	70 21 50	19 40 50		⊙			1. 336
175	Cap-la-Rochelle.	4 50 4,3	70 32 7	19 37 40	Expédition de l'Isle et de la Flotte.	⊙			1. 337
176	Pointe Isabellique.	4 54 57,3	70 36 50	19 38 20	Peyrague.	⊙			1. 337
177	Pointe de Lagrange.	4 56 36,4	70 9 6	19 54 35	J'ai ramassé toutes les observations en 1809.	⊙			1. 338
178	Haute-fonds de Lagrange.	4 56 56,5	70 6 30	20 0 30		⊙			1. 338
179	Beau d'Acad.	4 59 11,0	70 47 40	19 47 40		⊙			1. 339
180	Beau à Chénou.	4 59 42,0	70 56 21	19 50 40		⊙			1. 339
181	Pointe d'Enge.	5 0 12,0	70 3 3	19 54 15		⊙			1. 339
182	Pointe du Carénage.	5 0 40,0	70 12 10	19 58 0		⊙			1. 340

N. ^o	NOMS DES LIEUX.	LONGITUDES		LATITUDES.	Observations.	MÉTÈRES employes.	Remarques et indications des navigateurs.	MÉTÈRES d'observation.	Géographie.
		en temps.	en arc.						
183	Port de Paix.	5 0 25,6	75 15 45	19 25 0		0	lourde au port.		1. 340
184	Port à l'Écu, p. E.	5 0 27	75 30 40	19 25 0		0			1. 341
185	Pointe de Jean Robel.	5 0 28,8	75 37 12	19 25 10		0			1. 341
186	Môle de S. Nicolas.	5 3 19,2	75 49 48	19 49 20		0			1. 342
187	Pointe du Môle.	5 3 30,6	75 52 30	19 49 20		0			1. 343
188	Cap-à-Poux.	5 5 38,6	75 54 31	19 45 23		0			1. 343
189	Pointe de la Plate-forme.	5 0 49,1	75 42 17	19 25 5		0			1. 344
190	Port à Piment.	5 0 54,9	75 25 45	19 25 1		0			1. 344
191	Pointe la Pierre.	5 0 1,5	75 10 23	19 25 15		0			1. 344
192	Cap-Saint-Marc.	5 0 0,5	75 13 7	19 25 18		0			1. 345
193	Fort-en-Prince. (Fort de l'Îlet).	4 59 9,7	74 47 26	18 33 42	Expédition de l'Isle et de la Flor.	0			1. 345
194	Fort de Léogane.	5 0 19,7	75 4 53	18 32 10	Paysage.	0			1. 346
195	Tapiou du P. Geva.	5 0 58,3	75 14 34	18 28 51	J'ai recalculé toutes les observations en récap.	0			1. 346
196	Petit Geva.	5 0 12,9	75 18 4	18 27 0		0			1. 348
197	Base du Miragoane.	5 0 10,4	75 22 30	18 26 45		0			1. 348
198	Rec du Marquis p. E.	5 3 41,3	75 55 00	18 34 36		0			1. 348
199	Pointe Jérémie.	5 6 14,3	76 23 37	18 39 5		0			1. 348
200	Cap-Dame-Maris.	5 7 35,1	76 33 41	18 37 20		0			1. 349
201	Pointe des Irais.	5 7 43,7	76 35 05	18 22 23		0			1. 349
202	Bay de Tiburon.	5 7 26,6	76 31 39	18 17 50		0			1. 349
203	Cap-Tiburon.	5 7 37,6	76 54 15	18 19 25		0			1. 350
204	Pointe du vieux Bon cad.	5 7 11,9	76 47 59	18 15 59		0			1. 350
205	Cap-des-Charbonnières.	5 8 30,9	76 25 14	18 16 18		0			1. 350
206	Pointe à Gravois.	5 8 30,1	76 22 31	18 1 3		0			1. 351
207	Cap-Bacon.	5 4 34,9	76 9 43	18 2 42	Paysage et Humboldt.	0		11. 690	1. 351
208	Les Cayes.	5 4 41,3	76 10 34	18 11 18	Paysage.	0			1. 353
209	Pointe Pascal.	5 4 3,2	76 0 49	18 12 17	Paysage.	0			1. 353
210	Fort Saint-Louis.	5 3 57,6	75 59 34	18 14 27	Paysage et Gode.	0			1. 354

N°	NOMS DES LIEUX.	LONGITUDE		LATITUDE.	Observations.	MÉTÈRE employée.	Remarques et indication des hauteurs.	ASCENS d'Observations autres remarques.	Géographie actuelle de l'île.
		en temps.	en sec.						
111	Le Diamant.	6 3 12,5	75 48 4	18 15 45	Poyet et	⊙			1. 352
112	Cap-Beyonnet.	5 3 10,5	75 17 34	18 12 0	des	⊙, Δ			1. 352
113	Cap-Jacmel.	5 3 10,5	75 3 37	18 12 40	ingénieurs	⊙, Δ			1. 352
114	Moras Rouge, p. E.	4 58 11,0	74 52 44	18 18 30	français.	⊙, Δ			1. 352
115	Cap-Beste.	4 45 24,4	75 53 37	.....	Humboldt.	⊙		II. 4	1. 358
116	Sainte Dominge.	4 49 19,3	75 19 35	18 28 40	Agredas et	⊙			1. 358
117	Île de Tortue, p. E.	3 3 12,7	75 3 10	30 3 35	Sartoris.	⊙			1. 360
118	Tortue, Basse-Terre.	5 3 29,0	75 7 13	30 1 40		⊙			1. 360
119	Tortue, p. O.	3 1 14,3	75 21 7	30 4 48		⊙		II. 139	1. 363
120	Gonave, { p. N. E. p. E. p. O.	5 1 14,5	75 21 7	18 49 10	Du n.° 317 au n.° 433, le bouquet est de l'île de Saint- Domingue.	⊙			1. 363
121		5 1 50,8	75 19 40	18 43 40		⊙			1. 364
122		3 3 59,3	75 44 48	18 59 40		⊙			1. 364
123	Arcadins, le plus S.	3 3 14,7	75 3 41	18 47 35		⊙			1. 364
124	la plus australe.	5 3 18,0	75 4 43	18 48 14		⊙			1. 365
125	Îlet du Rochelois.	3 3 28,1	75 37 2	18 37 46	La plupart de ces posi- tions sont dé- terminées par Poyet- ger.	⊙			1. 365
126	Île de Ceymiste, p. N.	5 4 37,5	76 9 23	18 39 25		⊙			1. 365
127	Briens des Bains.	5 7 46,3	76 56 35	18 29 56		⊙			1. 365
128	Île à Vache, { p. N.O. p. E.	3 4 52,6	76 8 9	18 6 10		⊙			1. 366
129		5 3 57,6	75 59 24	18 8 33		⊙			1. 366
130	Caye à l'Eau.	5 4 13,8	76 3 27	18 8 41		⊙			1. 366
131	Caye d'Orange.	5 3 31,4	75 57 50	18 15 57		⊙			1. 366
132	Caye à Remiers.	5 3 54,5	75 53 39	18 12 37		⊙			1. 366
133	Alta-Vela.	4 55 56,0	75 59 0	17 18 11	Ferrer.	⊙	long. dent.		1. 366

ISLE DE PORTORICO.

134	La ville de Portorico.	4 34 14,0	68 35 30		18 29 10	Cherchez et Ferrer.	⊙, ⊙		II. 114— 139	1. 368-389
135	Cobos de San Juse.	4 39 14,0	68 3 50		18 06 0	Marins esp.	⊙			1. 389
136	Cap-Nord-Ouest.	4 38 10,3	69 32 33		18 32 18	Ferrer et Cervantes.	⊙			1. 389

N.º	NOM DES LIEUX.	LONGITUDE		LATITUDE	Observations	Météorologie employée.	Remarques et indication des bruyers.	RÉSULTAT d'Observations astronomiques.	Gauges pluviométriques.
		en temps.	en arc.						
137	Cabo de Peñas Blancas.	4 38 17,0	69 34 13	18 28 44	Ferrer.	⊙			1. 390
138	Aguada de S. Carlos.	4 38 15,0	69 33 45	18 27 30	Ferrer.	⊙			1. 390
139	Casa de Moertos.	4 33 54,0	68 58 30	17 50 0	Marins esp.	⊙			1. 390
140	Duchoso, petits Bets de S. Domingue.	4 39 37,3	69 34 16	18 23 48	Ferrer.	⊙			1. 390

ISLE DE LA JAMAÏQUE.

141	Kingston.	5 16 10,0	79 0 30	.....	Macfarlan.	V. 31 J. 31	Du n.º 141 au n.º 144, île de la Jamaïque.		1. 390
142	Port-Royal.	5 18 35,0	79 5 30	.....					1. 390
143	Cap-Morant.	5 14 21,5	78 35 23	17 37 43	Paysage.	⊙		II. 7	1. 394
144	Cap-Portland.	3 17 14,3	79 18 35	.....	Humboldt.	⊙			1. 395
145	Las Banas.	5 13 34,4	78 33 35	17 18 10	Humboldt.	⊙	De n.º 143 au n.º 146, îles voisines de la Jamaïque.	II. 7	1. 403
146	Navas.	5 0 50,0	77 38 0	18 23 19	Paysage et Ferrer.	⊙		II. 8	1. 409
147	Pedro's-Keys.	5 00 6,3	80 31 34	.....	Humboldt.	⊙		II. 8	1. 395
148	Récifs sur le banc de la Volera.	3 52 55,4	80 43 49	16 50 0	Humboldt.	⊙		II. 10	1. 397
149	Caiman Brac, p. E.	3 28 30,5	81 7 37	19,40 0	Humboldt.	⊙	latitude du Cap-Nord.	II. 112	1. 400
150	Caiman Grande, p. E.	3 31 56,3	81 59 41	19 19 0				II. 11	1. 398

ISLES VIERGES ET ISLES CARAÏBES.

151	Saint-Thomas (le port).	4 29 33,6	67 23 31	18 28 30	Ferrer.	⊙			1. 404
152	Sainte-Croix (le port).	4 28 34,0	67 8 44	17 44 8	Ferrer.	⊙			1. 403
153	—Cap-Est.	4 28 8,0	67 3 0	17 46 15	Lévesque.	⊙			1. 405
154	Saint Jean (Cap-Est).	4 29 36,0	67 14 0	18 17 0	Lévesque.	⊙			1. 406
155	Spanish-Town (C. E.).	4 17 2,0	68 43 39	18 37 7	Lévesque.	⊙			1. 406
156	Sembrero.	4 21 24,0	65 52 3	18 38 1	Ferrer.	⊙			1. 406

N ^o	NOM DES LIEUX.	LONGITUDE		LATITUDE	Observations	MÉTÈRES employés	Remarques et indication des hauteurs.	GÉNÉRAL d'Observa- tions autres antiques.	Géographi- quement du Niveau Coastal
		en temps.	en sec.						
257	Les Chena (la plus occidentale).	4 22 55,8	63 43 57	19 19 15		⊙			L. 407
258	L'Aiguille (Cap-O.).	4 22 0,1	63 30 3	19 14 30		⊙			L. 408
259	Saint-Martin, p. N. O.	4 22 18,8	63 34 43	18 4 36	Ferrer, Ex- pédition de la Flotte.	⊙	Position docteur.		L. 409
260	Saint-Barthélemi.	4 21 20,6	63 30 30	17 53 30		⊙			L. 409
261	Saba (estieu).	4 22 44,3	63 41 4	17 39 30		⊙			L. 410
262	S. Eustache (la rade).	4 21 40,0	63 25 0	17 39 0		⊙			L. 411
263	S. Christophe, p. N. O.	4 20 54,3	63 13 33	17 25 59	Expédition de la Flotte. Chabert.	⊙			L. 411
264	Idem, Basse-Terre.	4 20 38,0	63 9 30	17 19 30		⊙			L. 410
265	Niwen.	.....	.....	17 10 0			Docteur.		L. 412
266	Antigua (Fort-Hamilton).	4 17 0,0	64 15 0	17 4 30		⊙			L. 413
267	Pointe Johnson.	4 17 16,0	64 19 0	16 59 0		⊙			
268	Pointe Carlisle.	4 17 2,7	64 15 40	16 58 0		⊙			
269	Moutserot, p. S. E.	4 17 32,8	64 23 12	16 42 25		⊙		Position docteur.	
270	p. N. E.	4 18 14,7	64 33 40	16 47 35		⊙			L. 419
271	Gardeloupe, Basse-Terre.	4 16 21,0	64 8 15	15 59 30		⊙, Δ			L. 416
272	Pointe de la Grande Anne.	4 16 0,7	64 0 10	.....	Dangle, Ex- pédition de la Flotte.	⊙, Δ	De n.° 271 au n.° 279, lie de la Gardeloupe		
273	Pointe de Vieux-Fort.	4 16 20,0	64 5 0	15 57 40		⊙, Δ			
274	Pointe des Irois.	4 16 25,3	64 6 20	16 0 20		⊙, Δ			
275	Pointe des Vieux-Habitans.	.....	.....	16 4 30		⊙, Δ			
276	Pointe de Malendare.	4 16 22,7	64 10 40	.....		⊙, Δ			
277	Gras Morn.	4 16 46,3	64 11 36	16 20 18		⊙, Δ			L. 417
278	Petite Ile de Goyave.	4 16 54,7	64 9 40	.....		⊙, Δ			
279	Les Saintes; la plus occ., p. N. O.	4 16 6,7	64 1 40	15 51 25		⊙.			
280	Rosier.	4 15 30,0	63 53 30	15 28 23	Chabert.	⊙			
281	Le Cochon.	4 15 28,7	63 50 11	15 15 10		⊙			L. 418
282	Morne espagnol.	4 15 47,6	63 56 53	15 20 26	Expédition de la Flotte.	⊙	De n.° 280 au n.° 283, lie de Saint- Dominique		L. 421
283	Le Capucin.	4 15 6,0	63 46 30	15 32 30		⊙			L. 422

N.º	NOM DE LIEUX.	LONGITUDE		LATITUDE	Observations	MÉTÈRES employés	Remarque et évaluation des hauteurs.	RECORD d'Observa- tions, sur- monit. mètres	Élévation mètres au-dessus du niveau de la mer
		en temps.	en arc.						
Les Martiniques.									
285	Fort-Royal.	4 13 44,0	63 26 0	14 33 40		1, 0		II. 571	1. 429
286	Saint-Pierre.	4 14 11,0	63 32 54	14 44 0		0	Lat. dout.		1. 442
287	Cal-de-sac Robert.	4 13 38,3	63 14 39	14 40 0		W. Δ. + 3	Lat. dout.		1. 435
288	Morne aux Boeufs.	4 14 11,4	63 32 31	14 41 55	Expéd. de la Flotte et de l'Isle.	Δ. 0			1. 443
289	Pointe du Précheur.	4 14 37,0	63 39 15	14 49 0		Δ. 0			1. 445
290	Pointe Macouba.	.....	.....	14 24 30	Fertilis.	Δ			1. 443
291	Pointe Faré.	4 13 41,3	63 10 18	14 47 15		Δ. 0			1. 444
292	Pointe Salines.	4 13 1,3	63 15 30	14 33 30		Δ. 0			1. 444
293	Piton du Vauclain.	4 13 0,7	63 15 10	14 33 45		Δ. 0			1. 444
294	Cap-Solomon.	4 13 56,1	63 39 3	14 39 40		Δ. 0			1. 444
295	Ste du Diamant.	4 13 37,5	63 24 21	14 26 10		Δ. 0			1. 444
Les Barbades.									
296	Bridgetown (Con- stitution-Hill).	4 7 46,0	61 56 31	13 5 15	Marlbyne.	W. Δ. 3		II. 590	1. 445
297	Fort Willoughby.	4 7 47,0	61 58 48	13 5 0					
298	La Grenade, Fort- Royal.	4 16 33,0	64 8 10	.....	Chabert.	0			
299	 p. N. E.	4 15 24,0	64 51 0	.....		0			1. 455
300	 p. S. O.	4 16 47,0	64 11 54	.....		0			
301	Tobago, p. N. E.	4 11 10,0	62 47 30	11 30 13	Humboldt.	0		I. 34-39	1. 476
302	 p. S. O.	4 13 36,0	63 0 0	11 6 0	Chabert.	0		1. 39	1. 456
La Trinidad.									
303	Puerto España.	4 13 33,0	63 58 15	.....		0			
304	Punta de la Galera.	.....	.....	10 51 0	Expédition de Fidèle				
305	Cap-Nord-Ouest.	.....	.....	10 43 0					
306	Cap-Isaac.	.....	.....	10 31 0					
307	Punta Galiota.	.....	.....	10 9 0					
ISLES LUCAYES.									
308	Cayes d'Argent.	S. E. 4 47 31,0	21 35 30	20 13 50	Paysaguer.	0			
309	.....	N. E. 4 47 31,0	21 32 45	20 31 0	Paysaguer.	0			1. 453

N. ^o	NOMS DES LIEUX.	LONGITUDES		LATITUDES	Observateurs	Méthodes employées	Remarques et indications des hauteurs	Séjour et observations autres que pos.	Géographes, astronomes, etc. (Noms et Contrats)
		en temps.	en arc.						
	<i>Mouchoir-carré.</i>								
309	Acara, à l'ouest.	4 49 36,5	73 24 7	30 19 24	Russ.	⊙			
310	Écueils au N. E.	4 51 46,7	73 56 40	30 4 10		⊙			
311	Dix Bréas.	4 53 08,3	73 22 5	30 53 0		⊙			
312	Acara, O. N. O.	4 53 11,0	73 17 45	31 0 0		⊙			I. 464
	<i>Iles Turques.</i>								
313	Caye de Sable, p. S.	4 54 20,5	73 35 7	31 11 10		⊙			
314	Grande Saline.	4 54 1,0	73 30 15	31 31 45		⊙			
315	Acara, au S. O.	4 54 41,0	73 40 15	31 7 30		⊙			
	<i>Iles Caïques.</i>								
316	Acara, au S. E.	4 55 48,0	73 57 0	31 1 0		⊙			
317	Brisolade S. Philippe.	4 55 8,3	73 47 5	31 44 15		⊙			
318	Boby-Rocks.	4 57 37,7	74 24 25	31 57 30	Toutes ces positions ont été déterminées par M. de Pyragos. Je les ai recalculées en ship.	⊙			I. 465
319	Caïque des Providen- cers, p. N. O.	4 59 1,0	74 45 15	31 30 45	Les observations ont été corrigées d'après les observations faites à Porticiro.	⊙			
320	Écueils au N. de la Petite Caïque.	4 59 23,0	74 50 45	31 44 30		⊙			
321	Petite Caïque, p. S. O.	4 59 31,0	74 51 45	31 36 17		⊙			I. 467
322	 p. N. O.	.....	.....	31 48 19		⊙			
323	Caye François.	4 58 26,6	74 36 39	31 30 40		⊙			
324	Islet de Sable.	4 58 8,2	74 30 8	31 18 45		⊙			
325	Isle Mogao, p. N. O.	5 0 19,7	75 34 58	32 00 40		⊙			I. 467
326	 p. S. O.	5 0 30,7	75 37 41	32 01 40		⊙			
327	Écueils à l'E. de l'île de Mogao.	5 0 25,0	75 6 15	32 18 0		⊙			
328	Petite Inague, p. E.	5 1 20,0	75 31 43	31 59 0		⊙			
329	 p. O.	5 1 19,5	75 30 23	31 30 0		⊙			I. 468
330	 p. N.	5 1 47,5	75 25 33	31 33 15		⊙			
331	 p. S.	5 1 30,0	75 30 44	31 25 30		⊙			
332	Grand Inague, p. N. E.	5 1 49,8	75 27 17	31 30 13		⊙			
333	 p. N. O.	5 1 23,0	75 3 45	31 19 0		⊙			I. 469
334	 p. O.	5 1 30,0	75 7 43	31 3 45		⊙			

N ^o	NOM DES LIEUX.	LONGITUDE		LATITUDE	Observateur	Méthode employée	Remarques et indications des navigateurs.	SICUTI. (Observations géographiques)	Géographie astronom. de l'Observatoire de Paris
		en temps.	en arc.						
	<i>Isle Hoguin.</i>								
335	orientale.	5 5 4,3	76 16 19	21 38 50		⊙			I. 470
336	occidentale.	5 6 10,6	76 17 39	21 40 40		⊙			I. 470.
337	Isles Piques, la plus occidentale.	5 4 16,0	76 4 0	22 45 39		⊙	Pos. un peu douteuse.		I. 470
338	Isle de Samana.	5 4 57,5	76 14 43	23 9 10		⊙	Toutefois les positions ont été déterminées par M. de Poyaugur. Je les ai recalculées en 1809. Les résultats ont été corrigés après les observations faites à Portogruo.		I. 471
339	Isle au Châneau (milière).	5 3 2,0	76 45 45	23 7 45		⊙			I. 471
340	Mirad puerco, la partie la plus septentr.	5 2 45,3	76 56 30	23 8 6		⊙			I. 471
341	Petite Ile à l'ouest de Crooked.	5 2 6,3	76 46 34	23 48 40		⊙			I. 471
342	Isle de Crooked, p. E.	5 3 4,0	76 16 0	23 39 0		⊙	Long d'ail.		
343	Isle Watelin, p. S. O.	5 8 9,1	77 0 17	23 56 0		⊙			
344	 p. S. E.	5 7 49,1	76 57 17	23 56 31		⊙			
345	 p. N. O.	5 7 56,0	76 58 59	24 5 0		⊙			I. 473
346	San Salvador de Cristoph Colon, p. S. E.	5 01 24,0	77 51 0	24 0 0		Interpol. géograph.			
347	 p. N.	5 12 46,8	78 11 30	24 39 0					

ISLES CARAIBES AUSTRALLES, PRÈS DES CÔTES DE LA TERRE FERME.

348	Isle Coche, Cap-Est.	4 24 47,3	68 11 53	.....	Humboldt.	⊙		I. 39	I. 43
349	Isle Margarita, Cap-Macanae.	4 27 47,3	68 47 3	.....	Humboldt.	⊙		I. 41.	I. 43
350	Isles Parlas.	4 29 17,3	67 19 0	.....	Humboldt.	⊙		I. 184	I. 135
351	Isle Blanca, p. S. O.	4 28 24,0	67 6 0	11 51 0	Ferrer.	⊙			I. 460
352	Los Hermanos, p. N.	4 27 54,0	66 58 3	11 52 42	Ferrer.	⊙			I. 460
353	Isle Tortuga (milliers)	4 31 37,8	67 58 21	.....	Humboldt.	⊙		II. 1	I. 460
354	Isle Orchillo, Cap-Ouest.	4 34 18,0	68 34 31	.....	Humboldt.	⊙		II. 3	I. 460
355	 Cap-Est.	4 33 41,0	68 26 1	.....	Humboldt.	⊙		II. 3	I. 460
356	Isle de Rocca de Afuera.	4 33 34,1	68 53 51	.....	Humboldt.	⊙		II. 3	I. 460

SPORADES DU GRAND BANC DE BAHAMA.

N. ^o	NOMS DES LIEUX.	LONGITUDE		LATITUDE	Observateurs	Méthode employée.	Remarques et indication des hauteurs.	BANCAL d'Alouette, trois autres bancs.	Géographie, altitudes du Niveau Côtier.
		en temps.	en sec.						
357	Grand Isaac.	5 25 30,4	81 22 36	26 1 30	Ferre, n. 357-358	⊙			
358	Petit Isaac.	5 24 36,0	81 6 30	26 57 0		⊙			
359	Memory-Rock.	5 25 34,8	81 23 48	26 56 0		⊙			
360	Abaco, p. N. E.	5 17 32,4	79 30 36	26 39 52		⊙			
361	Rocky-Point, dans l'île d'Abaco.	5 17 34,7	79 23 40	26 17 20		⊙			
362	Le Trou (hole in the wall)	5 18 34,0	79 36 0	25 50 19		⊙			
363	Nouvelle-Providence (Nassau).	5 18 40,4	79 42 21	25 4 33		⊙			
364	Île de Berry, p. N. O.	5 21 27,5	80 21 53	25 50 49		⊙			
365	 p. E.	5 20 6,0	80 1 30	25 22 0		⊙			
366	Grand Banc.	5 24 30,0	80 35 0	25 44 0		⊙			
367	9 Brasses de profondeur.	5 24 30,0	80 35 0	25 44 0		⊙			
368	2 Brasses.	5 24 40,0	81 0 0	25 44 0		⊙			
369	3 Brasses.	5 24 40,0	81 12 0	25 53 0		⊙			
370	4 Brasses.	5 25 10,0	81 19 0	24 45 0		⊙			
371	10 Brasses.	5 25 50,0	81 27 30	24 38 0		⊙			

ROYAUME DE LA NOUVELLE-GRENADE.

372	Turbaco.	5 10 4-4	77 41 51	10 18 5	Humboldt, n. 371-382	⊙	187 toises.	11 191	11. 51
373	Mohates.	5 10 22,2	77 35 33	10 12 0		⊙		11. 192	11. 52
374	Île du Cotorro.	5 9 1,9	77 25 28	9 56 0		⊙		11. 193	11. 53
375	Placinda del Panto.	5 8 5,4	77 1 21	9 24 44		⊙		11. 194	11. 53
376	Monpon.	5 7 10,9	76 47 42	9 14 11		⊙	66 toises.	11. 195	11. 54
377	El Regidor.	5 4 59,9	76 23 12	8 30 0		⊙		11. 197	11. 56
378	Morales.	5 5 24,6	76 21 9	8 15 30		⊙	71 toises.	11. 198	11. 57
379	Badilla.	5 3 13,1	76 18 16	8 1 0		⊙		11. 200	11. 58
380	Patiria.	5 5 8,9	76 17 13	7 36 23		⊙		11. 200	11. 59
381	Isle de las Truxas.	5 4 37,8	76 14 27	6 55 57		⊙		11. 205	11. 60
382	Roca de S. Bartolomé.	5 6 44,3	76 41 4	6 35 46		⊙		11. 206	11. 61
383	Getzepote.	5 6 44,3	76 41 4	6 23 46		⊙	Long. deux.	11. 204	11. 62

N.º	NOM DES LIEUX.	LONGITUDE		LATITUDE	Observations	MÉTODE employée.	Remarques et indications des bureaux.	NOMBRE d'Observations astronomiques.	Géographie astronomique de l'Amérique Centrale.
		en temps.	en sec.						
383	Bocca de Nariño.	5° 8' 4,3	77 1 3	6 9 49	Humboldt, n.º 383-390	⊙		II. 307	II. 64
384	Guarano.	5° 8' 13,6	77 3 9	5 34 27		⊙		II. 309	II. 66
385	Honda.	5° 8' 53,5	77 13 7	5 11 45		⊙	176 toises.	II. 311	II. 68
386	Mariquita.	5° 9' 37,4	77 31 51	5 13 0		⊙	Lat. supp.	II. 315	II. 71
387	Santa Ana.	5° 9' 49,8	77 35 40	5 7 0		⊙	Lat. supp.	II. 315	II. 71
388	Guadua.	5° 8' 30,9	77 8 13	5 4 4		⊙	590 toises.	II. 316	II. 73
389	Anguárde de Carara.	5° 7' 51,8	76 57 57	6 13 25		⊙		II. 306	II. 63
390	Santa-Pa de Bogota.	5° 6' 18,3	76 34 8	4 35 48		⊙	1366 tois.	II. 318-320	II. 75-80
391	El Palmer.	.....	.....	9 35 0		⊙, Δ			
392	Santa Martica.	.....	.....	9 53 0		⊙, Δ			
393	Fénériffe.	.....	.....	9 40 0		⊙, Δ			
394	San Agustín de Placas blancas.	.....	.....	9 40 0		⊙, Δ		II. 337	II. 69
395	Zambrano.	.....	.....	9 41 0		⊙, Δ			
396	Guasimal.	.....	.....	9 40 0		⊙, Δ			
397	Tetes.	.....	.....	8 39 0		⊙, Δ			
398	Isla de Pedrito.	.....	.....	9 34 0		⊙, Δ			
399	Turmequi.	5° 4' 50,5	76 14 7	5 14 0					
400	Simijaca.	5° 6' 18,3	76 34 7	5 23 0	Don Carlos Cabris, par des opérations trigonométriques appuyées aux observations de M. de Humboldt.				
401	Muzo.	5° 7' 16,5	76 40 7	5 24 0					
402	Milón du lac de Fuquene.	5° 6' 4,5	76 31 7	5 24 0				II. 338	II. 90
403	Tunja.	5° 4' 28,5	76 7 7	5 26 0					
404	Leiva.	5° 4' 56,9	76 14 7	5 30 0					
405	Chiquinquira.	5° 6' 16,5	76 34 7	5 30 0					
406	Saboya.	5° 6' 8,5	76 32 7	5 38 0					
407	Emb. du río Opón.	5° 4' 40,3	76 10 5	6 54 13	Humboldt, n.º 407-411	⊙, Δ		II. 304	II. 61
408	Emb. du río Sagamos.	5° 8' 20,1	76 30 1	7 9 14		⊙, Δ		II. 304	II. 61
409	Bernavista.	5° 8' 36,5	77 6 30	5 42 45		⊙, Δ		II. 311	II. 67
410	Fuspagu.	5° 7' 30,5	76 50 7	4 20 31		⊙	540 toises.	II. 347	II. 97
411	Conitmas.	5° 20' 9,1	77 32 27	4 28 0		⊙	Lat. supp.	II. 349	II. 98
412	Ibagua.	5° 10' 40,0	77 40 0	4 27 33		⊙, ⊙	703 toises.	II. 350-351	II. 99-100

N°	NOMS DES LIEUX.	LONGITUDE		LATITUDE	Observations	Méthode employée.	Remarques et incertitudes des hauteurs	SÉRIES d'Observations astronomiques	Géopétries antérieures de Méchain et Cassini.
		en temps.	en arc.						
133	Cuesta de Tolima.	5 10 42,0	77 40 30	4 26 32	(Humboldt, n.° 413-428)	⊙	703 tois.	II. 261	II. 291
134	Cartago.	5 13 40,8	78 26 39	4 45 0		⊙	496 tois.	II. 263	II. 292
135	Bogotá.	5 14 48,3	78 42 3	3 55 21		⊙	499 tois.	II. 267	II. 298
136	Los Volcancitos.	5 11 43,0	77 55 45	4 30 0		⊙	Lat. supp.	II. 262	II. 293
137	Hacienda de Guasca.	5 14 48,3	78 42 5	3 44 26		⊙		II. 269	II. 297
138	Hacienda de Vélez.	5 14 39,5	78 39 53	3 37 6		⊙		II. 270	II. 298
139	Popayan.	5 16 0,6	79 0 9	3 26 18		⊙, Δ	921 tois.	II. 273	II. 300
140	Pueblo de Paracé.	5 15 36,9	78 54 13	3 15 18		Δ, ⊙	Lat. supp. 1556 tois.	II. 279	
141	La Plata.	5 10 47,3	78 11 50	3 23 0		Δ		II. 294	II. 308
142	Pasto.	5 18 46,7	79 41 40	1 13 6		⊙	1542 tois.	II. 286	II. 321
143	Almaguer.	5 17 14,4	78 15 31	1 54 39		⊙	1264 tois.	II. 284	II. 320
144	Guacucal.	5 22 18,0	80 34 30	0 39 0		⊙	Lat. supp. 1614 tois.	II. 287	II. 323
145	Calli.	5 23 21,5	78 50 38	3 25 36		⊙, Δ		II. 270	II. 320
146	Llano Grande.	5 14 40,7	78 40 11	3 29 6		⊙, Δ		II. 273	II. 320
147	Velez.	5 14 39,5	78 39 53	3 26 30		⊙, Δ		II. 270	II. 320
148	Villa de Ibarra.	5 22 35,3	80 38 49	0 21 0		⊙	Lat. supp.	II. 288	II. 323
149	Gigante.	5 11 15,0	77 48 45	5 24 21		⊙, Δ		II. 289	II. 324
150	Casero.	5 11 33,5	77 53 23	3 11 43		Δ		II. 292	II. 326
151	Tinasa.	5 13 47,3	78 11 50	1 38 30		Δ		II. 293	II. 327
152	San Augustin.	5 13 56,8	78 39 12	1 54 8		Δ		II. 293	II. 327
153	Pital.	5 22 19,1	78 4 46	2 17 40		Δ	608 tois.	II. 294	II. 327
154	Carnicerías.	5 22 55,7	77 56 56	2 30 18	Ces positions se fondent sur les observations de Don José Caldas, que j'ai calculées en 1806.	Δ			
155	Yagui.	5 11 44,0	77 56 14	2 19 19		Δ			
156	Boguesero.	5 23 10,5	78 3 38	2 4 30		Δ			
157	Nazareth.	5 23 30,7	78 7 40	2 2 1		Δ			
158	Susac.	5 23 30,8	78 5 5	1 50 18		Δ		II. 294	II. 328
159	Caja.	5 23 47,4	78 21 51	1 46 41		Δ			
160	Hato de Abasco.	5 23 27,0	78 6 45	2 4 12		Δ			
161	Paycol.	5 23 11,5	78 3 54	2 26 50		Δ			
162	Cerillo.	5 23 24,0	78 21 0	1 52 39		Δ			

HÉMISPHERE AUSTRAL, ROYAUME DE QUITO.

N.º	NOMS DES LIEUX.	LONGITUDE		LATITUDE.	Observations	Méthodes employées.	Remarques ou indication des hauteurs.	RECORD d'Observations astronomiques.	Géographie astronomique du Nouveau Continent.
		en temps.	en arc.						
443	Quito.	5 24 18,5	81 4 30	0 14 0	Humboldt. n.º 443-457.	☉, ☉, ☉, ☉.	1550 tois.	II 398 — 356	II. 145 — 306
444	Pinto.	5 23 48,5	80 57 11	0 23 52		☉	1586 tois.	II. 362	II. 308
445	Hac. de Antisana.	.....	.....	0 32 52		☉	2106 tois.	II. 383	II. 309
446	Chilo.	5 24 0,0	81 0 0	0 18 27		☉	1341 tois.	II. 359	II. 306
447	Riochamba Nuevo.	5 24 18,1	81 4 38	1 41 46		☉	1485 tois.	II. 365	II. 309
448	Alusul.	5 25 22,5	81 20 38	2 13 22		☉	1248 tois.	II. 366	II. 311
449	Cuenca.	5 26 14,5	81 33 38	2 55 3		☉	1351 tois.	II. 367	II. 312
450	Loza.	5 28 56,1	82 43 31	4 0 0		☉	Lat. supp. 2019 tois. 2075 tois.	II. 369	II. 314
451	Gecunama.	5 27 56,5	81 56 3	4 12 24		☉	1497 tois.	II. 372	II. 316
452	Ayavaca.	5 28 57,3	82 1 19	4 37 56		☉	654 tois.	II. 374	II. 318
453	Gualtaquillo.	5 27 38,5	81 24 37	4 52 27		☉	1028 tois.	II. 375	II. 319
454	Guacabamba.	5 26 56,0	81 43 43	5 14 15		☉	918 tois.	II. 376	II. 320
455	San Felipe	5 27 47,4	81 50 40	5 46 6		☉	Lat. supp. 495 tois.	II. 377	II. 321
456	Las Huertas de Pacara	5 26 56,3	81 44 5	5 56 0		☉	225 tois.	II. 378	II. 322
457	Embouch. de rio Chama.	5 24 33,4	81 8 19	5 47 47		☉			

ROYAUME DU PÉROU, ET CÔTES DE LA MER DU SUD.

458	Tomependa.	5 23 40,3	80 56 37	5 31 28	Humboldt. n.º 458-466	☉	207 tois.	II. 379	II. 323
459	Hacienda de Moxta.	5 24 43,0	81 10 45	6 33 9		☉	1335 tois.	II. 380	II. 325
460	Micunampa.	5 23 22,2	80 53 3	6 44 25		☉	2057 tois.	II. 383	II. 328
461	Cerro de Micunampa	5 24 0,0	81 0 20	6 43 38		☉			
462	Caxamarca.	5 23 42,5	80 55 37	7 8 38		☉	1252 tois.	II. 384	II. 327
463	Truxillo.	5 25 33,5	81 23 22	8 5 40		☉	96 tois.	II. 386	II. 329
464	Santa.	5 23 52,1	80 57 46	8 59 3		☉	46 tois.	II. 392	II. 334
465	Guamacho.	5 23 10,4	80 47 36	8 25 5		☉		II. 394	II. 336
466	Casma.	5 22 43,7	80 40 55	9 28 0		☉	Lat. supp.	II. 395	II. 337

N.º	NOM DES LIEUX.	LONGITUDE		LATITUDE	Observations	MÉTÈRE employé.	Remarques et indication des baromètres.	NIVEAU d'Observation, autre ou barom.	Géographe ou autre
		en temps.	en arc.						
457	Becca de Casma.	5 30 58,2	80 44 33	.....	Humboldt.	⊙ Δ		II. 395	II. 357
458	Tambo de Culebras.	5 29 49,5	80 48 23	.....	(n. 457-460)	⊙		II. 396	II. 357
459	Chancay.	5 28 57,0	79 44 13	.....		⊙		II. 396	II. 363
460	El Ramadal.	5 18 51,0	79 43 3	11 30 30		⊙	Lat. sup.	II. 396	II. 364
461	Lima.	5 17 51,0	79 37 45	12 0 34		⊙ ☉	Sp. tois.	II. 397 — 417	II. 368 — 354
462	Culico.	5 18 18,2	79 34 30	12 3 9		⊙ V		II. 419 — 428	II. 367 — 376
463	El Peñón.	5 21 16,3	80 19 5	11 26 51		⊙		II. 429	II. 367
464	Punta de la Aguja.	5 34 17,3	83 34 19	.....		⊙		II. 430	II. 368
465	Punta Parilla.	5 35 0,8	83 45 33	.....		⊙		II. 430	II. 368
466	Cabo Blanco.	5 34 36,0	83 39 0	.....		⊙		II. 431	II. 369
467	Becca de Guasmocho.	5 23 22,0	80 50 33	9 44 43		⊙		II. 395	II. 366
468	Ayenas.	5 29 18,0	81 29 44	.....		⊙		II. 432	II. 369
469	Punta Mala.	5 29 51,5	82 27 30	.....		⊙		II. 432	II. 369
470	Guayquil.	5 29 12,2	82 18 10	.....		⊙		II. 433 — 437	II. 369
481	Monte Christi.	5 30 12,0	83 3 0	.....	Bougainville.	⊙		II. 349	II. 365

HÉMISPHERE BORÉAL. ROYAUME DE LA NOUVELLE-ESPAGNE.

472	Mexico.	6 45 42,0	101 05 30	19 26 48	Humboldt.	⊙ ☉ ⊙ ☉	206 tois.	II. 491 — 490	II. 378 — 364
483	Acapulco.	6 48 38,2	100 9 33	16 50 53		⊙ ☉ ⊙ ☉		II. 499 — 494	II. 396 — 375
484	S. Agustín de las Cuevas.	6 45 48,0	101 27 12	19 18 37		⊙	2191 tois.	II. 507	II. 371
485	Cerro de Axusco.	6 46 11,0	100 30 45	19 15 17		⊙	2180 tois.	II. 618	II. 396
486	Venta de Chalco.	.....	.....	19 16 8		⊙	2097 tois.	II. 525	II. 397
487	Moran.	6 43 4,0	100 46 0	20 10 4		⊙	2131 tois.	II. 502	II. 397
488	Actopan.	6 44 37,0	101 9 15	20 17 28		⊙	2044 tois.	II. 505	II. 397
489	Totenilco el Grande.	6 43 39,0	100 53 0	20 19 55		⊙	2126 tois.	II. 504	II. 398
490	Tinayuca.	6 44 46,0	101 11 30	.....		⊙		II. 506	II. 398
491	Toluca.	6 46 47,0	101 41 45	19 16 19		⊙	2179 tois.	II. 523	II. 393

N.º	NOM DES LIEUX.	LONGITUDE		LATITUDE	Observateur	MÉTÉORE employés	Remarques et détails des batteries	RECHERCHES sur les autres batteries	Géographie des Nouveaux Continents
		en temps.	en sec.						
497	Nevado de Tetara.	6 47 28,3	101 45 35	19 11 33	Humboldt, n.º 493-317	⊙, Δ	2376 tois.	II. 524	II. 383
498	San Juan del Rio.	6 48 50,8	102 12 30	20 27 0		⊙	Lat. supp. 1015 tois.	II. 520	II. 385
499	Quetzaro.	6 30 2,0	102 30 30	20 36 39		⊙	995 tois.	II. 520	II. 373
500	Salamanca.	6 33 4,0	103 16 0	20 40 0		⊙	900 tois.	II. 521	II. 385
501	Guanaxasto.	6 33 0,0	103 15 0	21 0 13		⊙, ⊙, Δ	1069 tois.	II. 521	II. 375
502	Valladolid.	6 50 49,0	103 19 15	19 45 0		⊙	1901 tois.	II. 527	II. 380
503	Pacuraro.	6 54 40,0	103 40 0	.....		⊙	1130 tois.	II. 529	
504	Las Playas de Jorullo.	6 53 33,3	103 30 33	.....		⊙	405 tois.	II. 521	II. 380
505	Volcan de Jorullo.	6 53 37,0	103 31 45	.....		Δ, ⊙	667 tois.	II. 521	II. 387
506	Puente de Ixtla.	6 46 33,0	102 38 18	18 37 41		⊙	306 tois.	II. 470	II. 365
507	Tehuacan.	6 47 06,3	102 31 33	.....		⊙	919 tois.	II. 468	II. 373
508	Tehuacan.	6 47 30,3	102 32 33	18 35 0		Δ, ⊙	918 tois.	II. 333	
509	Tehuacan.	6 47 36,3	102 31 33	18 30 0		⊙	819 tois.	II. 468	II. 364
510	Puente de Estela.	6 47 10,3	102 47 35	.....		⊙	421 tois.	II. 467	II. 374
511	Mexcala.	6 47 30,8	102 30 39	17 56 4		⊙	263 tois.	II. 468	II. 375
512	Popocatepetl.	6 43 33,0	100 53 15	18 59 47		Δ	2771 tois.	II. 526	II. 389
513	San Nicolas de los Ranchos.	6 45 44,0	100 51 0	19 2 0		Δ		II. 533	II. 408
514	Ixtacchualt.	6 43 40,0	100 35 0	19 10 0		Δ	2456 tois.	II. 546	II. 393
515	Pyramide de Cholula.	6 42 14,0	100 33 33	19 2 6		Δ	2097 tois.	II. 526	II. 387
516	La Puente del los Ángeles.	6 41 31,0	100 32 45	19 0 13		Δ	1125 tois.	II. 527	II. 388
517	Venta de Seta.	.....	.....	19 08 30			1202 tois.	II. 331	
518	Perote.	6 38 14,8	99 33 39	19 33 37		Δ	1208 tois.	II. 548	II. 396
519	Cerro de Perote.	6 37 54,8	99 28 39	19 25 57		Δ	2098 tois.	II. 550	II. 398
520	Las Vigas.	.....	.....	19 37 35			1223 tois.	II. 331	II. 393
521	Xalapa.	6 36 59,8	99 14 54	19 50 8		Δ	678 tois.	II. 527	II. 389
522	Cerro de Maculapet.	6 36 38,8	99 14 35	19 31 49		⊙, Δ	729 tois.	II. 548	II. 396
523	Pic d'Oriente.	6 38 21,0	96 38 15	19 2 17	Humboldt et Ferrer.	Δ	2717 tois.	II. 546	II. 383
524	El Encero.	6 36 34,1	99 8 30	19 28 23	Ferrer.	Δ	476 tois.	I. 334	

N ^o	NOM DU LIEU.	LONGITUDE		LATITUDE.	Observateur.	Méthode employée.	Remarque sur l'observation des hauteurs.	SÉRIE D'Observations, selon l'usage.	Géographie selon le Méridien Central.
		en temps.	N. S.						
522	Tegucigalpa.	6 44 35,0	102 12 15	19 30 40	Ces positions se fondent sur les observ. géographiques de M. Velasquez, appuyées à la position de la capitale du Mexique, telle que cette position s'écrit de M. de Humboldt.	Δ		II. 535	II. 400
523	Zampango.	6 43 36,0	101 24 0	19 46 50		Δ			
524	Xaltocan.	6 45 25,0	101 21 15	19 42 47		Δ			
525	Tehuacan.	6 43 35,0	101 08 0	19 43 17		Δ			
526	Hacienda de Xalpa.	6 43 39,0	101 29 45	19 47 58		Δ			
527	Cerro de Chicomula.	6 45 4,0	101 18 0	19 38 30		Δ			
528	El Peñol.	6 43 30,0	102 20 30	19 26 4		Δ			
529	S. Miguel de Guadalupe.	6 45 39,0	101 24 43	19 18 38		Δ			
530	Huacheteca.	6 46 5,0	101 31 3	19 48 38		Δ	1178 tois.		
531	García de Guadalupe.	6 45 39,0	101 24 43	19 28 38		Δ			
532	Cerro du Sincque.	6 46 14,0	101 33 30	19 40 28		Δ			
533	Hacienda de S. Ildefonso.	6 43 37,0	101 24 13	19 42 25		Δ			
534	Cerro de S. Cristóbal.	6 43 26,0	101 21 30	19 35 8		Δ			
535	Puerto del Salto.	6 46 24,0	101 36 0	19 34 30		Δ			

CÔTES ORIENTALES DE LA NOUVELLE-ESPAGNE.

536	Catapacho.	6 44 28,0	99 50 45	19 50 45	Cervantes et Harrota. Trois autres observations.	⊙		II. 536	II. 698
537	Punta Desconocida.	6 44 58,0	99 44 30	19 49 45		⊙			
538	Castillo del Real.	6 5 19,0	99 19 45	21 00 0		⊙			
539	Alcoran, p. Occid.	6 8 30,7	98 7 40	20 57 50		⊙			
540	 p. Sept.	6 8 3,0	98 0 45	20 35 15		⊙			
541	Embarcadere du Rio de Lagartos.	6 8 1,0	98 30 15	21 34 0		⊙			
542	Punta del Piñon, p. S. G.	6 7 57,0	97 59 15	20 21 30		⊙			
543	Pointe N. du Contey.	5 56 23,0	97 5 45	21 32 30		⊙			
544	Pointe S. du Contey.	5 56 19,0	97 4 45	21 08 50		⊙			
545	Bajo del Alerto.	5 56 45,0	97 11 15	21 33 0		⊙			
546	Baie-fonda de las bananas.	5 16 56,3	94 14 5	30 30 00		⊙			

N.º	NOMS DES LIEUX.	LONGITUDE						LATITUDE	Observations	Méthode employée.	Baromètres et indications des hauteurs.	Niveau et observations astronomiques.	Observations astronomiques, des m. Niveau Coordonnées.
		en temps.			en arc.								
543	Îlot au S.-O. de Triangle.	6 18	7,3	94 31	51	20	55	50	Cavalles et Herrera. Très-bonne observat.	⊙		II. 556	II. 599
546	Bass de Obispo.	6 18	1,3	94 30	23	20	30	11	Humboldt et Ferrer.	⊙, ⊙, ⊙ Δ			II. 598 = 363
547	Vera-Cruz (port).	6 33	50,0	98 29	0	19	11	32		⊙			
548	Isle des Sacrifices.	6 33	46,7	98 26	40	19	40	10	Don Juan Jacinto de Ferrer, n.º 548-563	⊙			
549	Bas-fonds de Pajaro.	6 33	44,7	98 26	10	19	10	55		⊙			
550	Isle Verde.	6 33	41,8	98 25	26	19	11	10		⊙			
551	Islet Blanquillo (centre).	6 33	42,0	98 26	45	19	12	55		⊙			
552	Atopada de Fuera, p. 5.	6 33	38,3	98 24	35	19	12	12		⊙			
553	 p. N.	6 33	40,3	98 25	3	19	12	55		⊙			
554	Bas-fonds de la Gallega.	6 33	53,5	98 18	29	19	12	30		⊙			
555	Punta Gorda.	6 34	8,3	98 34	20	19	14	30		⊙		II. 807	II. 400
556	Embouchure de Rio Antigua.	6 34	29,1	98 37	27	19	16	41		⊙			
557	Bernal Chico.	6 33	4,3	98 46	5	19	37	43		⊙			
558	Bernal Grande.	6 33	2,0	98 45	43	19	39	41		⊙			
559	Punta Mari Andra.	6 33	2,0	98 45	43	19	43	23		⊙			
560	Barro de Tamigao.	.....	.....	.....	.....	21	15	48		⊙			
561	Santander.	6 42	9,3	100 32	23	23	45	18		⊙			
562	La Carbonera.	6 41	14,7	100 18	40	24	36	0		⊙			
563	Embouchure de Rio bravo del Nomp.	6 39	24,7	99 31	10	25	35	0		⊙			

CÔTES OCCIDENTALES DE LA NOUVELLE-ESPAGNE.

564	Puerto de Dumas (Ile de Ceiba).	5 35	6,0	83 46	30	7	23	0	Quartira.	⊙			
565	Las Playas de Cayana (extrémité Occid.)	6 51	43,7	100 56	26	17	26	0	Expédit. de Malaspina.	⊙		II. 483	
566	Merro Petatlan.	6 34	43,6	103 40	54	17	32	0	Malaspina.	⊙		II. 483	

N°	NOM DE LA LIEUX.	LONGITUDE		LATITUDE	Observations	Méthode employée	Remarque et indication des hauteurs.	Anecdotes ou observations particulières.	Intégrité des données.
		en temps	en arc.						
569	Porto de Salapas.	7 7 13,0	108 18 15	19 6 0	Expédition de Malaspina, n.º 568-569.	☉			
568	Cabo Corrientes.	7 11 43,3	107 55 51	10 15,30		☉			
569	Islet au N. N. O. de cap Corrientes.	7 12 17,4	108 4 10	20 45 0		☉	Position un peu douteuse.		
570	Cerro del Valle.	7 19 5,3	107 30 10	11 1 30		☉			II. 485.
571	Isle Maria, cap Sud de la pléiade.	7 24 20,0	108 35 5	11 18 0		☉			
572	Montagne de San Juan.	7 9 36,1	107 11 3	11 26 15		☉			
573	San Blas.	7 10 13,7	107 35 48	11 31 48		☉, ☉, ☉			II. 486.
574	Piedra Blanca.	7 11 1,9	107 45 18	11 23 0		☉			II. 486.
575	Ile Juana.	7 15 57,0	108 59 18	11 45 30		☉			II. 486.
576	Islet Kabbila.	7 11 59,0	108 14 48	11 50 30		☉			II. 487.
577	Cap San Lucas.	7 18 42,5	113 10 38	12 35 18		☉, ☉			II. 488.
578	Mission de S. Juan.	7 28 4,8	110 1 8	13 3 13		☉, ☉, ☉			—86
579	Mission de tous les Saints.	7 30 28,0	112 37 3	13 26 0		☉			
580	Montagne de San Lazaro.	7 38 40,7	114 40 5	14 47 0		☉			II. 489.
581	Montagne au N. de Abasco.	7 44 58,3	116 7 3	16 69 30		☉			
582	Ile des Coches.	7 50 48,7	117 43 3	18 2 18		☉			
583	Ile de San Benito (la plus haute).	7 58 20,5	118 5 3	18 18 18		☉			
584	Ile de Guadalupe, cap Sud.	8 0 24,0	120 36 5	18 53 0		☉			II. 490.
585	Ile de S. Bernardo.	7 50 24,5	118 6 3	19 40 40		☉			
586	Ile de S. Martin (la plus grande).	7 58 30,0	119 37 45	20 15 18		☉			
587	San Diego.	7 58 36,5	119 37 3	20 39 30		☉			
588	Ile de San Salvador, p. S.	8 0 33,0	120 48 3	21 45 0		☉			II. 491.
589	Ile de S. Nicolas (cap Occidental).	8 7 40,0	121 55 3	23 16 30		☉			
590	Ile de San Juan Rodriguez Cabello.	8 11 40,0	122 50 3	24 0 0		☉			

N°	NOMS DES LIEUX.	LONGITUDE		LATITUDE.	Observations.	Méthode employée.	Remarques et indication des hauteurs.	NATUREL d'Observations (cours d'eau, montagnes, etc.).	Géographie (cours d'eau, montagnes, etc.).
		en deg.	en arc.						
591	Montevy.	8 16	45,4	124 11 21	36 33 45	☉. ☉.			II. 450-450
592	Punta del Año Nuevo	8 18	33,3	124 43 53	37 9 13	☉			
593	Ferallones.	8 21	29,0	125 22 15	37 48 10	☉			II. 470
594	Punta de los Reyes.	8 21	9,0	125 17 13	38 0 8	☉			
595	Cabo Mendocino.	8 27	18,0	125 49 30	40 39 0	☉			II. 469
596	Cabo San Sebastian.	8 26	49,0	126 42 15	41 46 0	☉			
597	Cabo Diligencia.	8 28	23,0	127 6 15	42 51 0	☉			
598	Cabo Gregorio.	8 27	34,0	126 32 43	43 26 0	☉			II. 468
599	Cabo Alto.	8 26	17,0	126 34 15	44 49 0	☉			
600	Isla Tutul.	8 28	39,0	127 7 8	46 22 0	☉			II. 467
601	Isla Fierro (p. S.).	8 33	49,0	128 27 13	49 12 10	☉			
602	Noukà (Anse des Amis).	8 33	48,1	128 57 1	49 35 13	☉. ☉.			II. 457-460
603	Isla Catala (p. S. E.).	8 37	52,3	129 28 5	49 48 50	☉			II. 467
604	Pointe Boisée.	8 41	26,3	130 21 33	50 8 40	☉			II. 466
605	Iles Scott (la plus occidentale).	8 47	16,3	131 49 5	50 52 0	☉			II. 465
606	Ile S. Christine.	9 3	40,3	133 55 8	54 48 0	☉			
607	Cabo S. Bartolomé.	9 3	45,0	133 56 13	55 17 0	☉			
608	Ile de Los Hermanos (la plus boreale).	9 7	31,3	126 53 5	55 53 0	☉			II. 464
609	Entrée du détroit de Prince (p. O.).	9 7	32,5	126 53 5	56 9 30	☉			
610	Port Guibert (p. S.).	9 9	23,3	127 13 8	56 37 0	☉			II. 463
611	Cabo Engañe.	9 12	40,3	128 10 3	57 1 30	☉			
612	Puerto de los Remedios (p. N. O.).	9 12	56,3	128 14 8	57 24 15	☉			II. 462
613	Puerto de Villalengua.	9 16	37,3	129 22 53	58 13 0	☉			
614	Bahia de Palmas (p. N. O.).	9 18	16,3	129 34 5	58 27 30	☉			
615	Port des Français.	9 19	4,3	129 40 3	58 36 0	☉			II. 461
616	Mont-Bonaparte.	9 19	56,3	129 57 35	59 0 40	☉			

N.º	NOMS DES LIEUX.	LONGITUDE		LATITUDE	Observations	MÉTÉOROL. employée	Remarques et indications des hauteurs.	ANNUAL d'Observa- tions atmo- sphériques.	Observa- tions de Météores Célestes.
		en temps.	en arc.						
617	Entrada de Castilla.	9 20 38,3	140 9 35	58 43	Matanzas, n.º 817-826	⊙			
618	Cap-Benotempo.	9 21 44,3	140 26 5	58 50 40		⊙			II. 460
619	Ile dans la baie de Behring.	9 23 35,1	140 53 47	59 7 20		⊙			
620	Mulgrove.	9 28 5,4	142 2 21	59 24 17		⊙ E. ⊙			II. 431- 425
621	Cap Phipps.	9 28 33,1	142 8 17	59 32 45		⊙			II. 460.
622	Baye de l'Amirauté (p. O.).	9 33 59,5	143 29 32	59 44 0		⊙	Les posi- tions depuis le n.º 554 jusqu'à 630 ont été discutées dans le supplément du II.º vol.		II. 459
623	Kays (p. S.).	9 47 57,8	146 59 27	59 50 0		⊙			
624	Ile Hijosa.	9 54 9,1	148 43 17	59 24 30		⊙			II. 458
625	Cap Hinchinbrook.	9 55 58,3	148 59 35	60 12 30		⊙			
626	Mont Saint-Élie.	9 32 43,4	142 11 21	60 17 33		Δ ⊙			
<i>Iles de Revillagigedo.</i>									
627	Ile S. Rosa (centre).	7 54 33,0	116 23 43	18 37 0					
628	Ile del Socorro (centre de la montagne).	7 29 57,0	112 29 15	18 48 0	Cellier, Camacho et Torres.	⊙ E. ⊙			
629	Reca Partida.	7 33 43,0	112 23 43	19 4 0					
630	Ile de S. Benedicto (cap Sud).	7 28 35,0	112 13 43	19 15 40					

INTÉRIEUR DE LA NOUVELLE-ESPAGNE.

631	Chapultepec.	6 45 30,0	101 57 30	19 25 0	Humboldt, n.º 631-639 -positions un peu douteuses.	Δ	1193 toises	} II. 553	} II. 409
632	S. Angel.	6 45 52,0	101 28 0	19 19 44		Δ			
633	Santa-Fe (vallée de Mexico).	6 46 7,0	101 50 15	19 22 0		Δ			
634	Tacubaya, palacio del arcbisq.	6 43 53,0	101 28 25	19 23 40		Δ			
635	Mexico.	6 46 16,0	101 34 0	19 26 18		Δ			
636	Erzapelapan.	6 45 33,0	101 23 13	19 22 19		Δ			
637	Los Remedios.	6 46 17,0	101 32 43	19 28 40		Δ			
638	Tlatelco.	6 45 39,0	101 24 45	19 22 44		Δ			
639	Mexicalcingo.	6 43 37,0	101 24 15	19 21 22		Δ			

N ^o	NOMS DES LIEUX.	LONGITUDE		LATITUDE.	Observateurs	MÉTÈRES employés.	Remarques ou indication des hauteurs.	RECHERCHES d'Observa- tions astro- nomiques.	Géographie astronom. du Nouveau Continent.
		en temps.	en arc.						
640	Acamiacela.	6 47 8.0	101 47 0	15 36 0	Humboldt.	Δ			
641	S. Jago de Zacualco.	6 45 34.0	101 25 30	15 30 28	Humboldt.	Δ		II. 533	
642	Gastolco.	.....	.....	15 44 0	Pedro de Laguna.			II. 536	II. 403
643	Berra de Maniáhupec.	.....	.....	15 47 0					

POSITIONS MOINS CERTAINES.

ROYAUME DE LA NOUVELLE-ESPAGNE.

644	Pachotia.			15 50 0	Pedro de Laguna.	II. 408	
645	Xamiltupec.	.....	.....	16 7 0			
646	Guicshape.	.....	.....	15 25 0			
647	Omatapec.	.....	.....	16 37 0			
648	Nochistlan.	.....	.....	17 16 0			
649	Tepoccelala.			17 18 0	Masaro et Rivers.	D'après des journaliers de route corrigés par des observa- tions de latitude.	II. 536
650	S. Antonio de los Coes.	.....	.....	18 3 0			
651	Guadaluajara.	7 0 1 30	105 22 30	21 9 0			
652	Zacatecas.	6 55 40	103 55 0	23 0 0			
653	Real del Bosque.	7 13 46	108 26 30	23 30 0			
654	Durango.	7 3 40	105 55 0	24 25 0	Oteyza.	II. 404	
655	Presidio del Paseo.	7 2 14	105 33 30	25 28 0	Masaro et Rivers.		
656	Villa del Fuerte.	7 22 14	110 33 30	26 50 0			
657	Real de los Alamos.	7 25 34	111 23 30	27 8 0			
658	Ptes. de Buenavista.	7 39 54	112 28 30	27 45 0			
659	Chihuahua.	7 7 20	106 50 0	28 50 0	Masaro et Lafere.		
660	Atlapex.	7 25 14	111 18 30	30 36 0	Masaro et Rivers.		
661	Presidio de Janos.	7 16 22	109 5 30		Masaro.		

N. ^o	NOM DU LIEU.	LONGITUDE		LATITUDE	Observations	MÉTÈRES employés.	Remarques et indication des hauteurs.	NOMEN. d'observa- tions astro- nomiques.	Géograph. astronom. de Nouveaux Continent.
		en temps.	en arc.						
663	Presidio del Altar.	7 36 24	114 6 0	32 22 0	Mascaro et Rivera	D'après des journées de route corrigés par des observa- tions de latitude.		II. 536	II. 404
663	Paseo del Norte (Pre- sidio).	7 8 12	107 3 0	32 9 0	Mascaro.				
664	Junction du Río Gila et du Río Colorado.	.....	.....	32 45 0	Les PP. Diaz et Foot				
665	Las Casas Grandes.	.....	.....	32 30 0	Le P. Foot.				
666	Santa-Fé (de Nuevo Mexico).	7 8 32	107 13 0	32 12 0	Lafara.				

ADDITION.

On a cru devoir ajouter quelques positions de l'Espagne à celles du nouveau continent, parce qu'elles ont servi de points de départ pour les déterminations chronométriques. Les positions suivantes se fondent, à l'exception de Lancaster et de New-York, sur les observations des académiciens français et espagnols : ces observations sont consignées dans des manuscrits conservés au bureau des longitudes, et dont je dois la communication à l'obligeante bonté de M. Arago, membre de l'institut de France. J'ai réduit les longitudes à celle de Quito, telle qu'elle résulte des observations de M. de Humboldt.

HÉMISPHERE BORÉAL.

667	Neco.	.....	.....	0 1. 2	Bouguer et La Conde- mine, Ulloa.	30 toises.		II. 566					
668	Cayambe.	5 22 48,5	80 42 8	0 1 35									
669	Catchisqui.	5 23 28,5	80 50 8	0 2 31	La Conde- mine.								
670	Selichua.	.....	.....	0 20 43									
671	Ile de l'Isa.	5 27 49,0	81 58 30	0 14 33	La Conde- mine.	30 toises.		II. 564					
672	La Canea.	.....	.....	0 16 25									
673	Mira.	5 28 24,5	80 36 8	0 30 38	Bouguer et La Conde- mine.								
674	Embouchure du Rio Francisco.	.....	.....	0 39 1									
675	Atacama.	.....	.....	0 52 30	Bouguer et La Conde- mine.	30 toises.		II. 566					
676	Emeralda.	.....	.....	0 57 7									
677	New-York.	5 3 15,5	76 23 51	40 40 0	Burnet.					Position un peu doutante.	II. 565 —168	II. 516 —324	
678	Lancaster.	5 14 39,0	78 39 45	40 2 37	Elliot.						II. 507 —161	II. 507 —326	

HÉMISPHERE AUSTRAL.

N. ^o	NOMS DES LIEUX.	LONGITUDE		LATITUDE.	Observations	MÉTHODE employée.	Remarques et indications des navigateurs.	RECHERCHES d'Observations astronomiques.	Géographie astronomique du Nouveau Contin.
		en temps.	en sec.						
679	Cabo Palmar.	.....	.....	0 0 18					II. 266
680	Caramburn.	5 23 47,5	80 55 38	0 6 13			1218 toises		II. 269
681	Emb. du Rio Xama.	.....	.....	0 8 86					II. 266
682	Oyambare.	5 23 34,5	80 53 38	0 11 99			1584 toises		
683	Cabo Passado (p. N.).	.....	.....	0 21 16					
684	Llactacunga.	5 24 46,5	81 10 2	0 53 8			1482 toises		
685	Humbato.	5 24 47,5	81 10 38	1 13 55			1585 toises		II. 240
686	Guaranda.	5 26 14,5	81 33 38	1 35 1	Bouguer.				
687	Caracel.	.....	.....	1 39 5	La Condémne.				II. 266
688	Asogues.	5 25 47,6	81 26 43	2 44 5	Godin, Dos				II. 266
689	Mama-Terqui.	5 26 32,6	81 38 6	3 4 27	Jorge Juan, et Dos Antonio de Ulloa.				II. 266
690	Tumbes.	.....	.....	3 33 25					
691	Omestopé.	.....	.....	4 81 58					II. 261
692	Piura.	.....	.....	5 11 16					
693	Sechura.	.....	.....	5 32 43					
694	Lambayaque.	.....	.....	6 41 51					II. 259
695	San Pedro.	.....	.....	7 25 52					
696	Chocopé.	.....	.....	7 46 33					
697	Biro.	.....	.....	8 25 8					
698	Garmey.	.....	.....	10 4 6					II. 263
699	Huaura.	.....	.....	11 3 42					

FIN DU TABLEAU DES POSITIONS GÉOGRAPHIQUES.

ERRATA DU TABLEAU PRÉCÉDENT.

Page 15, n.° 265, au lieu de 17° 18' 10" : lisez 17° 28' 0".

Page 16, n.° 258, au lieu de *L'Anguille* (esp. O.) : lisez *L'Anguille* (esp. O.).

Page 25, n.° 513, au lieu de 96° 35' 15" : lisez 99° 35' 15".

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES ENDRITS DONT LA POSITION GÉOGRAPHIQUE A ÉTÉ DÉTERMINÉE
DANS CET OUVRAGE.

(Le chiffre romain indique le volume de cet ouvrage, et le chiffre arabe qui le suit immédiatement, se rapporte au
Tableau des Positions Géographiques qui précède cette Table. Les positions qui portent seulement un numéro, sans
indication de volume et de page, sont décrites dans l'ouvrage allemand de M. OLTMAKNS.

Abacon, n.° 560.	Araya (saline), I, 95, n.° 17.
Acamiscla, II, 553, n.° 640.	Arcadins (iles), n.° 225 et 224.
Acapulco, II, 449, n.° 485.	Arenas (île), II, 142, n.° 56.
Aetopan, II, 505, n.° 488.	Arispe, II, 556, n.° 660.
Acul (baie), n.° 179.	Atacames, n.° 675.
Aguada de San Carlos, n.° 538.	Atures, I, 224, n.° 72.
Alacran, II, 556, n.° 557 et 558.	Ayavaca, II, 571, n.° 452.
Alamos (Real) II, 536, n.° 657.	Asogues, n.° 688.
Alausi, II, 566, n.° 448.	
Almaguer, II, 284, n.° 425.	Badilla, II, 200, n.° 578.
Almedinas, n.° 155.	Bane de la Vibora, II, 10, n.° 248.
Almirante, II, 62, n.° 89.	Barbade, II, 578, n.° 295 et 296.
Alta-Vela, n.° 255.	Barcelone, I, 5, n.° 1.
Altar (presidio), II, 556, n.° 662.	Barra de Tamiagua, II, 557, n.° 560.
Amazones (rivière des), II, 559 et suiv.	Barril (île), n.° 150.
Amiraté (baie de l'), n.° 622.	Barù (île), n.° 34.
Anegada de Fuera, II, 557, n.° 552 et 553.	Batabano, II, 75, n.° 102.
Angostura. <i>Voyes</i> San Tomas de la Nueva Guayana.	Baxo del Alerta, II, 556, n.° 543 et 544.
Anguila (île), II, 140, n.° 136.	Baxo de Obispo, II, 556, n.° 546.
Anguille (île), n.° 258.	Baxo de Salmedino, n.° 33.
Antigue (île), II, 586, n.° 266.	Baxo Hormoso, n.° 27.
Aranjuez, I, 20, n.° 7.	Bee du Marsouin, n.° 198.
	Behring (îles de la baie de), n.° 619.

* Voici le titre de cet ouvrage : *Untersuchungen über die Geographie des Neuen Continents, gegründet auf die astronomischen Beobachtungen und barometrischen Messungen An. v. HEMMELT und anderer reisenden, von JESU OLTMAKNS*, Paris, 1810, 2 Bde. in 8.° (Bey F. Scholl).

- Bernal Chico, II, 557, n.° 557.
 Bernal Grande, II, 557, n.° 558.
 Berry (île), n.° 564 et 565.
 Biru, n.° 697.
 Blanca (île), n.° 351.
 Blanquillas (îlot), II, 557, n.° 551.
 Boby-Rocks, n.° 318.
 Bocca de Apure, I, 217, n.° 61.
 Bocca de Casma, II, 395, n.° 467.
 Bocca de Chamaya, II, 378, n.° 457.
 Bocca de Dragos, I, 36, n.° 14.
 Bocca del Ensenada de Nagua, II, 66, n.° 104.
 Bocca de Guaurabo, II, 73, n.° 106.
 Bocca Honda, II, 78, n.° 124.
 Bocca del Inferno (île), I, 246, n.° 64.
 Bocca de Nares, II, 207, n.° 385.
 Bocca del Rio Blanco, II, 60, 90, n.° 87.
 Bocca del Rio Bravo del Nurte, II, 557, n.° 563.
 Bocca del Rio de Antigua, II, 557, n.° 556.
 Bocca del Rio Francisco, n.° 674.
 Bocca del Rio Guambacho, II, 395, n.° 477.
 Bocca del Rio Lagartos, II, 556, n.° 539.
 Bocca del Rio Meta, I, 222, n.° 70.
 Bocca del Rio Opon, II, 204, n.° 407.
 Bocca del Rio Sogamozo, II, 204, n.° 408.
 Bocca del Rio San Juan, II, 67, n.° 105.
 Bocca de Nagua, II, 66, n.° 104.
 Bocca del Rio Xama, n.° 681.
 Boqueron, II, 294, n.° 436.
 Bridgetown, II, 579, n.° 295.
 Brisans de S. Philippe, n.° 517.
 Brisans des Balçines, n.° 227.
 Bruxas (île de las), II, 202, n.° 380.
 Buenavista, II, 211, n.° 409.
 Buenavista (presidio), II, 556, n.° 658.
 Buga, II, 267, n.° 415.
 Cabeza de San Juan, n.° 235.
 Cabezas (las), n.° 163.
 Cabo Alto, n.° 399.
 Cabo Blanco, sur les côtes de Caracas, I, 191, n.° 22.
 Cabo Blanco, sur les côtes du Pérou, II, 431, n.° 476.
 Cabo Bueno, II, 76, n.° 112.
 Cabo Codera, II, 568, n.° 20.
 Cabo Corrientes de l'île de Cuba, II, 78, n.° 121.
 Cabo Corrientes, sur la côte du nord-ouest de l'Amérique, n.° 568.
 Cabo de Cruz, II, 75, n.° 108.
 Cabo de Peñas Blancas, II, 257.
 Cabo Diligencias, n.° 597.
 Cabo Engaño, II, 159, n.° 170 et 611.
 Cabo Gregorio, II, n.° 598.
 Cabo Macanao, I, 41, n.° 16.
 Cabo Mendocino, n.° 595.
 Cabo Palmar, n.° 679.
 Cabo Passado, n.° 685.
 Cabo San Antonio, II, 56, n.° 101.
 Cabo San Bartolomé, II, n.° 607.
 Cabo San Lucas, II, 613, n.° 377.
 Cabo San Sebastian, II, n.° 596.
 Cabo de Tres Puntas, I, 36, n.° 15.
 Cachacrou, n.° 281.
 Cadix, I, 25, n.° 10.
 Caique des Providenciers, n.° 319.
 Caiques (îles), n.° 316—322.
 Calabozo, I, 212, n.° 59.
 Cali, II, 272, n.° 425.
 Callao, II, 419, n.° 472.
 Campeche, II, 536, n.° 534.
 Canaries (îles), I, 27.
 Canoa, n.° 678.
 Cap-à-Foux, n.° 188.
 Cap-Baeco de l'île de Saint-Domingue, II, 87, 570, n.° 207.
 Cap-Bayennette, n.° 212.
 Cap-Beata, II, 4, n.° 215.
 Cap-Beautemps, n.° 618.
 Cap-Cabron, II, 173.

- Cap-Carlisle, II, 586, n.° 268.
 Cap-Dane-Marie, n.° 200.
 Cap-François, II, 150, n.° 169.
 Cap-Hinchinbrook, n.° 625.
 Cap-Icaco, n.° 305.
 Cap-Jacmelle, n.° 215.
 Cap-la-Roche, n.° 175.
 Cap-Morant, II, 579, n.° 245.
 Cap-Phipps, II, n.° 621.
 Cap-Portland, II, n.° 244.
 Cap-Rafael, II, 139, n.° 171.
 Cap-Sainte-Croix, n.° 253.
 Cap-Saint-Jean, n.° 254.
 Cap-Saint-Marc, n.° 192.
 Cap-Salomon, n.° 295.
 Cap-Samana, n.° 172.
 Cap-Tiburón, n.° 203.
 Capucin, n.° 285.
 Caracas, I, 158, n.° 48.
 Caracol, n.° 689.
 Caramburu, n.° 680.
 Carbonera, II, 557, n.° 562.
 Carenage (pointe), n.° 182.
 Carenero, n.° 156.
 Carenero de Cayo Blanco, n.° 165.
 Caripé, I, 100, n.° 46.
 Carnecerías, II, 294, n.° 434.
 Cartagena de Indias, II, 148, n.° 25.
 Cartagena del Levante, I, 26, n.° 12.
 Carthago, II, 265, n.° 414.
 Casa de Muertos, n.° 239.
 Casas Grandes, II, 556, n.° 665.
 Casiquiare (rivière), II, 239 et suiv.
 Casma, II, 595, n.° 466.
 Castillo del Sisal, II, 556, n.° 536.
 Castillo de San Seberino, II, 76, n.° 97.
 Catala (île), n.° 603.
 Cavañas, II, 78, n.° 123.
 Caxamarca, II, 584, n.° 462.
 Cayambe, n.° 668.
 Cayman Brac (île), II, 112, n.° 249.
 Cayman Chico, II, 113.
 Cayman Grande, II, 11, 88, n.° 250.
 Caye à l'Eau, n.° 250.
 Caye d'Argent, n.° 307 et 308.
 Caye de Sable, n.° 313.
 Caye des Ramiers, n.° 252.
 Caye d'Orange, n.° 251.
 Caye Française, n.° 323.
 Cayes (les), n.° 208.
 Caymite (île), n.° 226.
 Cayo Biscaino, n.° 146.
 Cayo Blanco, n.° 164.
 Cayo Confites, II, 147, n.° 151.
 Cayo de Dorf Christobal, II, 109, n.° 126.
 Cayo del Agua, II, 140, n.° 157.
 Cayo del Coco, n.° 152.
 Cayo del Cruz, n.° 149.
 Cayo de Lobos, II, 147, n.° 152.
 Cayo del Mono, n.° 168.
 Cayo de Piedras, au sud de l'île de Cuba, II, 111, n.° 129.
 Cayo de Piedras, au nord de l'île de Cuba, n.° 167.
 Cayo de Sal, II, 140, n.° 158.
 Cayo Flamingo, II, 110, n.° 127.
 Cayo Frances, n.° 154.
 Cayo Guajanchó, II, 147, n.° 153.
 Cayo Julia Gordis, n.° 157 et 158.
 Cayo Largo, n.° 145-145.
 Cayo Romano, n.° 147 et 148.
 Cayo Verde, II, 147, n.° 156.
 Cedres (île des), n.° 582.
 Ceja, II, 294, n.° 459.
 Cerillos, II, 294, n.° 442.
 Cerro de Axusq, II, 548, n.° 485.
 Cerro de Chiconautla, II, 535, n.° 525.
 Cerro del Cocollar, I, 97, n.° 44.
 Cerro del Imposible, I, 94, n.° 41.
 Cerro del Valle, n.° 570.
 Cerro de Macultepec, II, 548, n.° 517.
 Cerro de Micuipampa, II, 583, n.° 461.

Cerro de San Cristobal, II, 535, n.° 532.	Diamant (île), n.° 294.
Cerro de Sincouque, II, 535, n.° 530.	Diamant de Saint-Domingue, n.° 211.
Cerro de Tigua, n.° 31.	Durango, II, 536, n.° 654.
Cerro Guayabon, II, 76, n.° 119.	Eacero, I, 534, n.° 519.
Chancay, II, 396, n.° 469.	Ensenachos, n.° 153.
Chapultepec, II, 533, n.° 631.	Entrada de Castilla, n.° 617.
Chiens (les), n.° 257.	Esmeralda (mission), I, 242, n.° 82.
Chihuahua, II, 536, n.° 659.	Esmeralda, n.° 676.
Chillo, II, 559, n.° 446.	Falcones, n.° 162.
Chiquinquirá, II, 258, n.° 405.	Farallones, n.° 593.
Chocopé, n.° 636.	Ferrol, I, 24, n.° 9.
Cholula (pyramide de), II, 526, n.° 510.	Flores (île), n.° 601.
Chouchou (baie à), n.° 180.	Fort-Hamilton, n.° 267.
Coche (île), I, 59, n.° 548.	Fort-Royal (de la Grenade), n.° 297.
Coffre de Perote, II, 530, 547, n.° 514.	Fort-Royal (de la Martinique), II, 571, n.° 284.
Col de Balaguet, I, 7, n.° 5.	Fort-Saint-Louis, n.° 210.
Colorado (rivière), 536, n.° 664.	Fresh-Water-Key, n.° 142.
Contoy, II, 556, n.° 541 et 542.	Fuente de Estola. <i>Voyez</i> Venta de Estola.
Contreras, II, 249, n.° 411.	Fuerte (île), n.° 40.
Conuco de Guapasoso, I, 252, n.° 76.	Fuerte (villa), II, 536, n.° 636.
Corogne (la), I, 24, n.° 8.	Fuerte de San Carlos del Rio Negro, I, 256, n.° 79.
Cotchesqui, n.° 669.	Fuquén (lac), II, 258, n.° 402.
Côtes du Golfe du Mexique, II, 555, n.° 554—563.	Fusagasuga, II, 257, n.° 410.
Côtes de Quito et du Pérou, II, 620, n.° 473—481.	Gallea (bas-fonds de), II, 556, n.° 554.
Côtes nord-ouest de l'Amérique, II, 617, n.° 564—566.	Garapatas, II, 204, n.° 382.
Cotoreo (île), II, 195, n.° 575.	Garita de Guadalupe, II, 535, n.° 529.
Crooked (île), n.° 541 et 542.	Garzon, II, 292, n.° 430.
Cruz del Padre, II, 140, n.° 140.	Gigante, II, 289, n.° 429.
Cuba (île), II, 15, 567, n.° 84—125.	Gila (rivière), II, 556, n.° 664.
Cucuruparu (île), I, 218, n.° 68.	Gonave, n.° 220—222.
Cuenca, II, 567, n.° 449.	Gonzanama, II, 570, n.° 451.
Cuesta de Tolima, II, 261, n.° 415.	Goyave (île), n.° 278.
Cul-de-sac Robert, n.° 286.	Grande Saline, n.° 514.
Cumana, I, 42, n.° 18.	Grenade (île), n.° 297—299.
Cumanacoa, I, 95, n.° 47.	Gros Morne, II, 572, n.° 277.
Desecheo (île), n.° 240.	Groupe de vingt Cayes, n.° 161.
Détroit (entrées du) du Prince, n.° 609.	Guacara, I, 207, n.° 53.

- Guachucal, II, 287, n.° 424.
 Guadaluara, II, 536, n.° 651.
 Guadeloupe (île), n.° 584.
 Guadeloupe (île), n.° 271—277.
 Guaduas, II, 216, n.° 588.
 Gualtaquillo, II, 574, n.° 455.
 Guambacho, II, 594, n.° 465.
 Guanaxuato, II, 511, n.° 496.
 Guancabamba, II, 575, n.° 454.
 Guantanamo, II, 75, n.° 111.
 Guaranda, n.° 686.
 Guarmey, n.° 698.
 Guarumo, II, 209, n.° 584.
 Guasimal, II, 257, n.° 596.
 Guatemala, 556, n.° 642.
 Guayaquil, II, 455, n.° 480.
 Guayra, I, 186, n.° 21.
 Guichapa, II, 556, n.° 646.
 Guigüe, I, 209, n.° 56.
 Guines (los), II, 73, n.° 91.
 Hacienda de Antisana, II, 565, n.° 445.
 Hacienda de Cura, I, 199, n.° 55.
 Hacienda de Guayas, II, 269, n.° 417.
 Hacienda del Fondadero, II, 58, n.° 86.
 Hacienda del Tuy, I, 194, n.° 51.
 Hacienda de Montan, II, 582, n.° 459.
 Hacienda de Pinto, II, 194, n.° 574.
 Hacienda de Santa Inés, II, 555, n.° 551.
 Hacienda de Vilela, II, 270, n.° 418.
 Hacienda de Xalpa, II, 555, n.° 525.
 Hambato, n.° 685.
 Hato de Abaxo, II, 294, n.° 440.
 Havane (la), II, 15, n.° 84.
 Hermanos (iles), n.° 552 et 608.
 Hijoza (île), n.° 624.
 Hogsties (iles), n.° 555 et 556.
 Honda, II, 211, n.° 585.
 Huaura, n.° 699.
 Huchuetoca, II, 555, n.° 528.
 Huertas de Pucara, II, 577, n.° 456.
 Ibaguë, II, 250, n.° 412.
 Ibarra, II, 288, n.° 428.
 Icaque (pointe), n.° 181.
 Icaque (grande), II, 595, n.° 552—554.
 Icaque (petite), n.° 528—531.
 Inca (île), n.° 671.
 Ingenio de Scivavo, II, 75, n.° 92.
 Isaac (grand), n.° 557.
 Isaac (petit), n.° 558.
 Isabella (île), n.° 576.
 Isla Verde, II, 557, n.° 550.
 Isle au Château, II, 591, n.° 559.
 Isle à Vache, n.° 228 et 229.
 Istacalco, II, 535, n.° 658.
 Itzacchuat, II, 546, n.° 509.
 Itzapalapan, II, 555, n.° 636.
 Jamaïque, II, 587, n.° 241—244.
 Janos (presidio), II, 556, n.° 661.
 Javita, I, 255, n.° 78.
 Jorullo (volcan), II, 622, 549, n.° 500.
 Juanico (île), n.° 575.
 Kayes (île), II, 617, n.° 623.
 Kingston, II, 587, n.° 241.
 Lagrange (hauts-fonds de), n.° 178.
 Lambayeque, n.° 694.
 Lancaster, en Pensylvanie, II, 92, n.° 678.
 Leiva, II, 258, n.° 404.
 Léogane (fort de), n.° 194.
 Leon (île de), I, 26, n.° 11.
 Lima, II, 597, n.° 471.
 Lactacunga, n.° 684.
 Llano Grande, II, 272, n.° 426.
 Loxa, II, 569, n.° 450.
 Macultepec, II, 548, n.° 517.
 Matuto, II, 568, n.° 47.
 Madrid, I, 18, n.° 6.
 Magdeleine (rivière de la), II, 192 et suiv.

Mahates, II, 192, n.° 372.	Monchoir carré, n.° 309—312.
Mana-Tarqui, n.° 689.	Mucara (île), II, 141, n.° 59.
Mandavaca, I, 241, n.° 81.	Moitaco. <i>Voyez</i> Real-Corona.
Maniatepèc (barré), II, 536, n.° 645.	Mulgrave, II, 593, n.° 626.
Marguerite (île), n.° 549.	Muzo, II, 238, n.° 401.
Marias (îles), n.° 571.	
Mariel, II, 78, n.° 122.	Naranjal, II, 294, n.° 437.
Mariquita, II, 215, n.° 386.	Nauhcampatepetl, II, 530.
Martinique, II, 571, n.° 284—293.	Navase, II, 81, n.° 246.
Maypures (cataracte), I, 229, n.° 73.	Nevado de Toluca, II, 524, n.° 492.
Megano, n.° 159 et 160.	New-York, II, 1011, n.° 677.
Memory-Rock, n.° 359.	Nièves (île), n.° 265.
Mescala, II, 468, n.° 506.	Nochistlan, II, 536, n.° 648.
Mexico, II, 471, n.° 482.	Nono, n.° 667.
Mexicalzingo, II, 533, n.° 639.	Noutka, II, 596, n.° 602.
Micucampampa, II, 585, n.° 460.	Nouvelle Providence, n.° 363.
Mira, n.° 673.	Nueva Barcelona, I, 256, n.° 19.
Mirad-Porvos, n.° 540.	Nueva Valencia, I, 202, n.° 54.
Miragoane (baie), n.° 197.	
Mogue (île), n.° 325—327.	Omotepee, II, 536, n.° 647.
Mole de Saint-Nicolas, n.° 186 et 187.	Omotopé, n.° 691.
Mompox, II, 195, n.° 375.	Orchilla (île), II, 3, 86, n.° 554 et 555.
Monillo, n.° 166.	Orénoque (rivière), I, 217 et suiv.
Mont-Beautemps, n.° 616.	Orizaba (pic d') II, 546, n.° 518.
Monte Christi, II, 542, n.° 481.	Oyambaro, n.° 682.
Monterey, II, 605, n.° 591.	
Mont Saint-Élie, II, 594.	Pachutla, II, 536, n.° 644.
Montserrat, en Espagne, I, 5, n.° 2.	Pajaro (bas-fonds du), II, 556, n.° 549.
Montserrat (île), n.° 269 et 270.	Palmar, II, 237, n.° 591.
Morales, II, 198 et 553, n.° 577 et 635.	Palmas (baie de), n.° 614.
Moran, II, 502, n.° 487.	Pan de Matanzas, II, 76, n.° 117.
Morant Keys, II, 7, n.° 243.	Panomanà (île), I, 223, n.° 71.
Morillo de Canina, II, 76, n.° 96.	Paredon Grande, n.° 151.
Morné aux Bonis, n.° 287.	Pasage (presidio del), II, 556, n.° 655.
Morne espagnol, n.° 282.	Passo del Norte (presidio), II, 536, n.° 663.
Morne Rouge, n.° 214.	Pasto, II, 286, n.° 432.
Morro de Cuba, II, 75, n.° 110.	Punta de Guanós, II, 76, n.° 116.
Morro de la Havane, II, 56, n.° 85.	Punta del Olandes, II, 78, n.° 120.
Morro Hormoso, n.° 27.	Punta de los Reyes, n.° 594.
Morro Petatlan, n.° 566.	Punta del Puerto, II, 556, n.° 540.
Morviedro, I, 17, n.° 5.	Punta de Mala de File de Cuba, II, 77, n.° 114.

- Punta Galera, de la Trinité, n.º 505.
 Punta Galera, sur les côtes de la Terre-
 Ferme, n.º 28.
 Punta Galiota, n.º 506.
 Punta Gigante, II, 145, n.º 55.
 Punta Gorda, II, 557, n.º 555.
 Punta Mala du Pérou, II, 432, n.º 479.
 Punta Mari Andrea, II, 557, n.º 559.
 Punta Maternillos, II, 78, n.º 195.
 Punta Mata-Hambre, II, 68, n.º 103.
 Punta Mayzi, II, 75, n.º 115.
 Punta Paríña, II, 432, n.º 475.
 Punta Sabanilla, II, 76, n.º 115.

 Queretaro, II, 500, n.º 494.
 Quito, II, 398—358, n.º 413.

 Ramadal, II, 396, n.º 470.
 Ranas (las), II, 7, p.º 145.
 Real Corona, I, 217, n.º 65.
 Recif du Rochefort, n.º 225.
 Recif peu connu, sur le banc de la Vibora,
 II, 101, n.º 248.
 Regidor, II, 197, n.º 576.
 Remedios (los), II, 533, n.º 637.
 Resguardo de Carare, II, 206, n.º 589.
 Revillagigedo (îles), II, n.º 627—630.
 Riobamba Nuevo, II, 565, n.º 447.
 Río Blanco, II, 60, n.º 87.
 Río Negro, I, 251—242.
 Río Sinu, II, 141—148.
 Rocca de Afuera (île), II, 3, n.º 356.
 Rocca Partida, n.º 629.
 Roeky-Point, n.º 361.
 Rosario (île), n.º 57.
 Rosario (real), II, 556, n.º 655.
 Roseau, n.º 280.

 Saba (île), n.º 264.
 Sablet (île), n.º 324.
 Saboya, II, 238, n.º 406.

 Sacrifices (île des), II, 557, n.º 548.
 Saint-Barthélemi (île), n.º 260.
 Saint-Christophe (île), n.º 263 et 264.
 Saint-Domingue (île), II, 150, n.º 169—261.
 Saint-Elie (mont), n.º 626.
 Saint-Eustache (île), n.º 262.
 Saint-Jean, n.º 254.
 Saint-Martin (île), n.º 259.
 Saint-Nicolas (môle), n.º 186 et 187.
 Saint-Pierre de la Martinique, n.º 283.
 Saint-Thomas, n.º 251.
 Sainte-Christine, n.º 606.
 Sainte-Croix (île), n.º 252 et 253.
 Sainte-Croix de Ténériffe, I, 27, n.º 13.
 Saiotes (îles), n.º 279.
 Salamanca, II, n.º 495.
 Salinches, n.º 670.
 Samana (île), n.º 358.
 San Angel, II, 535, n.º 652.
 San Antonio, I, 99, n.º 45.
 San Antonio de Baretó, II, 65, n.º 94.
 San Antonio de Beitia, II, 65, n.º 90.
 San Antonio de los Baños, II, 74, n.º 95.
 San Antonio de los Cúes, II, 556, n.º 650.
 San Augustin, II, 203, n.º 452.
 San Augustin de las Cuevas, II, 507, n.º 484.
 San Augustin de Playas Blancas, II, 257,
 n.º 591.
 San Baltasar de Atabapo, I, 233, n.º 77.
 San Bartolomé (bocca de), II, 206, n.º 381.
 San Benedicto (île), n.º 650.
 San Benito (île), n.º 585.
 San Bernardo (île), n.º 585.
 San Blas, II, 616, n.º 573.
 San Diego, n.º 587.
 San Felipe, II, 376, n.º 455.
 San Fernando de Apure, I, 215, n.º 60.
 San Fernando de Atabapo, I, 231, n.º 73.
 San Fernando, I, 95, n.º 42.
 San Fernando (lac), II, 567.
 San Jago de Zacualco, II, 533, n.º 641.

San Jose, II, 614-616, n.° 578.	Tambo de Colebras, II, 596, n.° 468.
San Juan del Río, II, 520, n.° 495.	Tapion des Chardennières, n.° 205.
San Juan (mont), n.° 572.	Tasco, II, 555, n.° 503.
San Juan (ville), I, 211, n.° 58.	Tehuilotepéc, II, 468, n.° 502.
San Juan Rodriguez Cabrillo (île), n.° 590.	Tehuiloyna, II, 555, n.° 523.
San Lazaro (mont), n.° 580.	Ténériffe, II, 557, n.° 593.
San Martin (île), n.° 586.	Tepecuacuilco, II, 468, n.° 504.
San Miguel de Guadalupe, II, 535, n.° 527.	Tepeoscotla, II, 556, n.° 649.
San Nicolas (île), n.° 589.	Tetas de Managua, II, 65, 507, n.° 118.
San Nicolas de los Ranchos, II, 535, n.° 508.	Teton, II, 257, n.° 397.
San Rafael del Capuchino, I, 244, n.° 62.	Tezcuco, II, 555, n.° 520.
San Pedro, n.° 695.	Tiburón (baie), n.° 202.
San Salvador de Christophe Colon (île), n.° 546 et 547.	Tierra Bomba, n.° 29 et 30.
San Salvador (île), n.° 588.	Timana, II, 295, n.° 431.
San Tomas de la Nueva Guayana, I, 249, n.° 66.	Tisayuca, II, 508 n.° 490.
Santa, II, 592, n.° 464.	Titipan, n.° 38.
Santa Ana, II, 215, n.° 58.	Toluca, II, 525, n.° 491.
Santa Barbara del Alto Orinoco, I, 245, n.° 85.	Tomependa, II, 579, n.° 458.
Santa-Fe, II, 553, 556, n.° 633 et 666.	Tortue (île), n.° 217-219.
Santa-Fe de Bogota, II, 218, n.° 590.	Tortuga (île), II, 1, 86, n.° 353.
Santa Maria del-Principe, II, 80, n.° 100.	Totonilco el Grande, II, 504, n.° 489.
Santa Marta, II, 569, n.° 24.	Tous les Saints (mission de), n.° 579.
Santa Martica, II, 237, n.° 592.	Triangle (le), II, 556, n.° 545.
Santander, II, 557, n.° 561.	Tributario de la Minerva, II, 140, n.° 135.
Santa Rosa (île), n.° 627.	Trinidad (île), n.° 502-503.
Santi-Espiritu, II, 80, n.° 99.	Trinidad de Cuba, II, 68, n.° 98.
Santo Domingo, II, 589, n.° 260.	Trou (le), n.° 302.
Scott (îles), n.° 605.	Truxillo, II, 386, n.° 465.
Sechura, n.° 693.	Tumbes, n.° 690.
Silla de Caracas, I, 192, n.° 50.	Tunja, II, 238, n.° 405.
Signajaca, II, 238, n.° 400.	Turbaco, II, 191, n.° 571.
Socorro (île), n.° 628.	Turmequé, II, 258, n.° 599.
Sombrero, n.° 256.	Turques (îles), n.° 514-515.
Spanisthown, n.° 255.	Tutuzi (île), n.° 600.
Suasa, II, 294, n.° 438.	Uruana, I, 220, n.° 69.
Tabago (île), I, 55, n.° 500 et 501.	Valence, I, 9, n.° 4.
Tacubaya, II, 555, n.° 654.	Valladolid, II, 517, n.° 497.
	Venta de Chalco, II, 625, n.° 486.
	Venta de Estola, II, 467, n.° 505.

Venta de la Signita, I, 7.	Xalapa, II, 527, n.° 516.
Venta de Soto, I, 551, n.° 512.	Xalioacan, II, 535, n.° 522.
Venta Grande, I, 185, n.° 49.	Xamitepec, II, 536, n.° 645.
Vera-Cruz, II, 544-550, n.° 547.	Yagua, II, 594, n.° 455.
Victoria, I, 197, n.° 52.	
Vieux Cap (île de Saint-Domingue), n.° 174.	Zacatecas, II, 536, n.° 652.
Vigas, II, 551, n.° 515.	Zambrano, II, 537, n.° 595.
Villa de Cura, I, 210, n.° 57.	Zapots, n.° 52.
Villa de Matanzas, II, 76, n.° 95.	Zumpango, II, 535, n.° 521.
Villa del Pao, I, 255, n.° 67.	
Volcancitos (los), II, 562, n.° 164.	Watelin (île), n.° 543-545.
Volo, II, 272, n.° 427.	Willoughby, II, 576-586, n.° 296.

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES ENDROITS DONT L'ÉLEVATION A ÉTÉ DÉTERMINÉE PAR DES MESURES
BAROMÉTRIQUES.

(Les chiffres se rapportent aux pages et aux numéros du premier Volume.)

Acapulco, 518, n.° 260.	Antisana (volcan), 509, n.° 191.
Acaguisotla, 518, n.° 270.	Ario, 527, n.° 568.
Acaxete, 551, n.° 409.	Aroyozarco, 525, n.° 522.
Actopan, 522, n.° 509.	Ascension, 505, n.° 158.
Aguasarco, 527, n.° 569.	Asseradero, 299, n.° 75.
Alausi, 511, n.° 206.	Assuay, 512, n.° 209.
Alberca de Palango, 526, n.° 561 et 562.	Ayavaca, 515, n.° 225.
Alegria, 505, n.° 120.	
Almaguer, 505, n.° 142.	Banderilla, 555, n.° 441.
Altarcuchu, 508, n.° 181.	Baranca Honda, 555, n.° 452.
Alto de Aranda, 506, n.° 157.	Barancas de Joanes, 550, n.° 599.
Alto de Gascas, 299, n.° 72.	Belem (N.° S.° de), 500, n.° 78.
Alto de las Cruces, 299, n.° 64.	Belgrado (mine), 525, n.° 542.
Alto de las Sepulturas, 502, n.° 105.	Biscaina (mine), 520, n.° 294.
Alto del Camaron, 518, n.° 262.	Buenavista (colline), 297, n.° 57.
Alto del Encero, 534, n.° 447.	Buga, 505, n.° 118.
Alto de los Caxones, 518, n.° 269.	Burras, 526, n.° 559.
Alto del Peregrino, 518, n.° 264.	
Alto del Roble (près de la Bocca del Monte), 299, n.° 74.	Cabrera (puits de), 521, n.° 297.
Alto del Roble (près de Popayan), 504, n.° 150.	Caiman, 298, n.° 49.
Alto de Pitatumba, 505, n.° 145.	Calabozo, 298, n.° 50.
Alto de Pozuellos, 518, n.° 265.	Callao, 517, n.° 259.
Alto de Pocará, 507, n.° 170.	Calpi, 511, n.° 205.
Alto de Polla, 512, n.° 219.	Cañada de Acabues, 526, n.° 555.
Alto de Quilquesé, 504, n.° 151.	Canoas, 555, n.° 456.
Alto de Suniguico, 509, n.° 195.	Capela, 527, n.° 565.
Amazones (rivière des), 515, n.° 241.	Caracas, 296, n.° 26-30.
Angostura de Carare, 299, n.° 61.	Caravajal (la vallée), 502, n.° 99.
Animas, 534, n.° 445.	Cariaco, 296, n.° 16.
Animas (mine), 525, n.° 551 et 562.	Caripe, 295, n.° 11.
	Carpio, 520, n.° 288.

Carthago, 502, n.° 114.	Cuchilla de Guandisaya, 510, n.° 202.
Casa de la Polvora, 295, n.° 3.	Cucunuco, 564, n.° 128.
Cascabel, 505, n.° 121.	Cuenca, 512, n.° 213.
Cascas, 517, n.° 251.	Cuernavaca, 519, n.° 285.
Catuaro, 296, n.° 15.	Cuesta de Calpulalpan, 523, n.° 321.
Caxamarca, 516, n.° 248.	Cuesta de Cruz Blanca, 533, n.° 430.
Cerro de las Cruces, 550, n.° 395.	Cuesta de la Noria, 523, n.° 325.
Cerro del Cocollor, 295, n.° 6.	Cuesta del Soldado, 533, n.° 438.
Cerro del Portachuelo, 501, n.° 90.	Cuesta de Quetamana, 501, n.° 91.
Cerro de Macultepec, 554, n.° 444.	Cuesta de San Antonio, 525, n.° 518.
Cerro de San Miguel del Llano, 525, n.° 346.	Cuesta de San Pedro (mont), 297, n.° 39.
Cerro de Santa Polonia, 516, n.° 247.	Cuesta de Tolima, 502, n.° 100.
Cerro de Serena, 525, n.° 347.	Cuesta de Varietos, 522, n.° 515.
Cerro de Sitan, 511, n.° 208.	Cueva de Temascal, 529, n.° 590.
Cerro Gordo, 534, n.° 450.	Cueva d'Antisana, 509, n.° 190.
Cerro Ventoso (monticule), 520, n.° 291 et 292.	Cuevas, 526, n.° 358.
Chala, 517, n.° 252.	Cumana, 295, n.° 1.
Chamaya (rivière), 515, n.° 241.	Cumanacoa, 295, n.° 5.
Chapoltepec (métairie), 527, n.° 366.	Cumbe, 512, n.° 214.
Chapoltepec (mont), 520, n.° 287.	Cumbre de los Caxones, 552, n.° 417—418.
Charo, 528, n.° 375.	Cumbre de la Hoya, 553, n.° 437.
Chilauquer, 506, n.° 163.	Cune, 299, n.° 68.
Chillo, 508, n.° 185.	Cura, 297, n.° 42.
Chilpansingo, 519, n.° 272.	Cutaco (rivière), 515, n.° 224.
Chimborazo, 511, n.° 204.	
Chipo, 500, n.° 81.	Dantoe, 521, n.° 507.
Cholula, 531, n.° 406.	
Chorillos, 516, n.° 250.	Egypto (N.° S. del), 500, n.° 77.
Chorro de Cantuna, 508, n.° 179.	Esmeralda, 298, n.° 56.
Chota, 507, n.° 172.	Espinal, 501, n.° 95.
Chumban, 507, n.° 167.	Estola, 519, n.° 276.
Cinapécuaro, 528, n.° 377.	
Cocosingo, 551, n.° 408.	Fraille, 529, n.° 592.
Coffre de Perote, 552—553, n.° 419—429.	Fuente de Sanchoquiz (source), 296, n.° 23.
Contreras, 501, n.° 96.	Fuerte de la Cuchilla, 296, n.° 21.
Cruz, (village), 505, n.° 150.	Fusagasuga, 501, n.° 86.
Cruz de la Guayra (colline), 296, n.° 25.	
Cruz del Marqués, 519, n.° 284.	Gallegos, 502, n.° 106.
Cuchilla de Guanaguana, 295, n.° 10.	Garita del Paramo, 502, n.° 110.
	Garita de Marfil, 525, n.° 549.

Gasave, 320, n.º 289.	Hatto del Quemado, 301, n.º 87.
Gonzanama, 315, n.º 221.	Honda, 299, n.º 62.
Guacara, 297, n.º 44.	Horquetta, 304, n.º 133.
Guacharo (caverne), 295, n.º 12.	Hoya, 333, n.º 436.
Guachicon (rivière), 303, n.º 158.	Huehuetoca, 322, n.º 315.
Guachucal, 308, n.º 161.	Huertas, 315, n.º 237.
Guadalupe (N.º S. de la), 300, n.º 75.	
Guaduas, 299, n.º 67.	Ibague, 301, n.º 98.
Guaitara (rivière), 306, n.º 160.	Ibarra, 307, n.º 173.
Guallabamba, 307, n.º 175.	Ichubamba (cascade), 309, n.º 186.
Guallabamba (rivière), 307, n.º 175.	Icononzo (pont naturel), 301, n.º 89.
Guataquillo, 313, n.º 227.	Imposible (mont), 295, n.º 4.
Guamaug, 317, n.º 255.	Incensal, 302, n.º 111.
Guamani, 314, n.º 219.	Ingatambo, 314, n.º 253.
Guancabamba, 314, n.º 230.	Islahuaca, 328, n.º 384.
Guanaguana, 295, n.º 9.	Isla, 319, n.º 281.
Guanaxunto, 324, n.º 331.	
Guandisara, 310, n.º 202.	Jacal, 321, n.º 301.
Guasagamarca, 316, n.º 249.	Jacamacatu (rivière), 306, n.º 153.
Guardia de San Agustín, 296, n.º 13.	Javirac, 308, n.º 177.
Guasintlan, 319, n.º 280.	Javita, 298, n.º 55.
Guayaval, 298, n.º 51.	Joares, 326, n.º 366.
Guayaval (entre Honda et Santa-Fe), 299, n.º 71.	Jordana, 328, n.º 382.
Guayra, 296, n.º 17.	Jorullo (las playas), 327, n.º 370.
Guchilaque, 319, n.º 283.	Jorullo (volcan de), 327—328, n.º 372—374.
Gugue, 297, n.º 45.	Juanambn (rivière), 306, n.º 254.
	Junta, 313, n.º 226.
Hacienda de Antisana, 309, n.º 189.	
Hacienda de Cuesaca, 307, n.º 169.	Ladrillos, 308, n.º 183.
Hacienda de Don Fernando Key, 297, n.º 36.	Lecheria, 322, n.º 314.
Hacienda de la Erre, 306, n.º 152.	Lima, 317, n.º 258.
Hacienda de Lira, 323, n.º 324.	Llactacunga, 310, n.º 196.
Hacienda de Meneses, 306, n.º 156.	Llano d'Altarcuchu, 308, n.º 181.
Hacienda de Regla, 321, n.º 305.	Llano de Tetimpa, 331, n.º 407.
Hacienda de San Antonio, 323, n.º 319.	Llano de Verdecuchu, 308, n.º 180.
Hacienda de San Miguel, 321, n.º 304.	Lloa Chiquito, 308, n.º 178.
Hacienda de San Miguelito, 323, n.º 320.	Lloxa, 312, n.º 220.
Hacienda de San Vicente, 307, n.º 171.	Lucarque, 313, n.º 222.
Hacienda del Tuy, 297, n.º 40.	
Hambato, 310, n.º 197.	Macultepec, 334, n.º 444.

Magdeleine (rivière de la), 299.	Palacé, 505, n.° 124.
Magdalena, 516, n.° 248.	Palmilla, 502, n.° 101.
Maiqueti, 296, n.° 18.	Pandi, 501, n.° 88.
Malpays, 527, n.° 371.	Pansache, 509, n.° 194.
Mamanchota (mont), 522, n.° 510 512.	Pansitara, 505, n.° 140.
Mamendoy, 505, n.° 148.	Papagallo (rivière de), 518, n.° 266.
Manzanillo, 533, n.° 452.	Parage de Cafros, 535, n.° 454.
Maravatio, 528, n.° 379.	Paramito de Almaguer, 505, n.° 141.
Marfil, 525, n.° 348.	Paramo de Cholucanas, 514, n.° 228.
Masatlan, 518, n.° 271.	Paramo de Guamani, 514, n.° 229.
Mave, 299, n.° 70.	Paramo del Boliche, 507, n.° 166.
Mayo (rivière de), 505, n.° 149.	Paramo des Achapallas, 505, n.° 147.
Maypares, 298, n.° 55.	Paramo de San Fortunato, 501, n.° 85.
Mellado (mine de), 526, n.° 552.	Paramo de Yanoca, 514, n.° 254.
Mercachillo, 501, n.° 88.	Parapara, 298, n.° 48.
Mesa, 522, n.° 508.	Paredones, 512, n.° 210.
Mesa de Cuello, 501, n.° 97.	Paso de Gavico, 515, n.° 259.
Mescal, 519, n.° 275.	Paso de Chamaaya, 515, n.° 240.
Mexico, 520, n.° 164.	Paso de la Guayscana, 501, n.° 94.
Micupampa, 516, n.° 245.	Paso del Machin, 502, n.° 103.
Miradores, 534, n.° 449.	Paso de Matara, 525, n.° 258.
Molinos, 517, n.° 253.	Paso de Molgar, 299, n.° 65.
Mompox, 299, n.° 55.	Pasó de Pucara, 514, n.° 256.
Monserate (N.° S. de), 500, n.° 76.	Pasto, 506, n.° 158.
Montan, 516, n.° 244.	Pazcuaro, 527, n.° 567.
Moral, 502, n.° 102.	Peila (rivière de), 505, n.° 116.
Morales, 299, n.° 60.	Pelileo, 510, n.° 198.
Mulalo, 509, n.° 195.	Penipe, 510, n.° 200.
	Peregrino (mont), 518, n.° 264.
Nabon, 512, n.° 215.	Perote, 531, n.° 414.
Naranjo, 505, n.° 115.	Pescador, 505, n.° 122.
Noria, 525, n.° 525.	Pexual, 297, n.° 55.
Nueva Valencia, 297, n.° 45.	Picla, 501, n.° 92.
	Pichincha, 508, n.° 184.
Ocambaro, 528, n.° 578.	Piletta, 535, n.° 440.
Ojo del Agua, 531, n.° 411.	Pinahuatopeque, 532, n.° 415.
Olleros, 513, n.° 225.	Pinar, 531, n.° 410.
Omitlan, 521, n.° 298.	Pintac, 509, n.° 188.
Oña, 512, n.° 217.	Pitumbá, 505, n.° 145.
Orénoque (rivière), 298.	Plan del Corallo, 532, n.° 416.
Oyamel, 521, n.° 500.	Plan del Rio, 534, n.° 451.

Poblazon, 304, n.º 129.
 Pomallacta, 511, n.º 107.
 Pont d'Icononzo, 501, n.º 83.
 Playas de Jorullo, 527, n.º 370.
 Popayan, 303, n.º 125.
 Portachuelo, 531, n.º 90.
 Portachuelo de Quindiu, 502, n.º 115.
 Portachuelo (mont), 501, n.º 90.
 Portezuela, 351, n.º 415.
 Pozuelos (mont), 518, n.º 265.
 Puebla de los Angeles, 330, n.º 105.
 Puela (riviere de la), 510, n.º 201.
 Puente de Tepare, 528, n.º 576.
 Puerta de Reyes, 522, n.º 316.
 Puerta de la Silla, 297, n.º 52.
 Puerta Grande, 500, n.º 84.
 Puerto de Andaracas, 526, n.º 565.
 Puerto de Santa Rosa, 526, n.º 557.
 Puerto de Varientos, 526, n.º 554.
 Puracé (village), 304, n.º 126.
 Puracé (volcans de), 304, n.º 127.
 Purugay (mont), 305, n.º 151.

 Quebrada de Boquia, 502, n.º 112.
 Quebrada de Toche, 502, n.º 104.
 Quebrada de Tohecito, 502, n.º 107.
 Queretaro, 325, n.º 326.
 Queteppe, 295, n.º 2.
 Quilichao, 505, n.º 119.
 Quilquasé (riviere de), 504, n.º 152.
 Quindiu, 502, n.º 115.
 Quito, 507, n.º 176.

 Rayas (mine de), 524, n.º 537—541.
 Real del Monte, 520, n.º 295.
 Real de Moran, 520, n.º 295.
 Real de Pachuca, 520, n.º 290.
 Rinconada, 334, n.º 452.
 Riobamba Nuevo, 510, n.º 199.
 Rio Frío, 335, n.º 451.
 Rio Negro (riviere), 298.

Rocca de la Ventanas, 521, n.º 502.
 Ruiz (riviere), 505, n.º 145.
 Rucu-Pichincha, 508, n.º 184.

 Salamanca, 525, n.º 519.
 Salto del Fraile, 299, n.º 65.
 Salto de Tequendama, 500, n.º 82.
 San Antonio, 295, n.º 8.
 San Antonio de Lulumbamba, 509, n.º 187.
 San Augustín de las Goetas, 520, n.º 286.
 San Carlos del Rio Negro, 298, n.º 57.
 San Felipe, 514, n.º 254.
 San Fernando de Apure, 298, n.º 52.
 San Fernando de Atabapo, 298, n.º 54.
 San Francisco Ocotlan, 530, n.º 404.
 San Jorge (riviere), 505, n.º 144.
 San Juan, 298, n.º 47.
 San Juan del Rio, 525, n.º 525.
 San Martin, 530, n.º 408.
 San Miguel, 505, n.º 137.
 San Miguel del Llano, 525, n.º 545.
 San Miguel el Soldado, 535, n.º 439.
 San Pedro, 297, n.º 38.
 Santa, 517, n.º 257.
 Santa-Cruz, 296, n.º 14.
 Santa-Fe de Bogota, 500, n.º 79.
 Santa Rosa, 506, n.º 161.
 Santa Rosa de la Sierra, 526, n.º 555.
 Santiago (vallée de), 526, n.º 560.
 Santiago de las Tunas, 528, n.º 381.
 Sapuyes (riviere), 506, n.º 162.
 Sarabia, 525, n.º 528.
 Saraguru (riviere), 512, n.º 218.
 Seja, 502, n.º 108.
 Serena (mont), 525, n.º 347.
 Serrito, 299, n.º 66.
 Sequia, 504, n.º 156.
 Sierra de Avila, 297, n.º 51—55.
 Sierra de Cordoba, 530, n.º 598.
 Silla de Caracas, 297, n.º 51—55.
 Sitzan, 511, n.º 208.

Smata (rivière), 504, n.º 154.

Sondorillo, 514, n.º 251.

Supilote, 519, n.º 274.

Suncha, 500, n.º 80.

Sunigaicu, 509, n.º 195.

Tablahuma, 508, n.º 182.

Tambillo, 509, n.º 192.

Tambo, 501, n.º 93.

Tambo de Burgay, 512, n.º 212.

Tambo de Casmote, 511, n.º 205.

Tasco, 519, n.º 279.

Tehuilotepce, 519, n.º 278.

Tehuila, 506, n.º 159.

Temascato, 524, n.º 330.

Tepecuacuilco, 519, n.º 277.

Tequendama (ca-cade de), 500, n.º 82—83.

Tiangillo, 550, n.º 594.

Tinaxas, 521, n.º 399.

Tochtlacuaga, 535, n.º 435.

Toluca, 528, n.º 385.

Tumependa, 515, n.º 242.

Totonilco el grande, 520, n.º 306.

Traneas, 554, n.º 446.

Truxillo, 517, n.º 254.

Tula, 525, n.º 317.

Tulcan, 507, n.º 165.

Tulua, 503, n.º 117.

Turbaco, 299, n.º 58.

Turche, 512, n.º 211.

Turimiquiri (mont), 295, n.º 7.

Tusa, 507, n.º 168.

Uduchapa (rivière), 512, n.º 216.

Valenciana (mine de), 524, n.º 352—356.

Valladolid, 527, n.º 364.

Varietos, 522, n.º 515.

Vega de San Lorenzo, 505.

Venta del Agua, n.º 401.

Venta de Chalco, 550, n.º 306.

Venta Chica de la Cruz, 296, n.º 24.

Venta Chica de la Cumbre, 296, n.º 20.

Venta Chica de Sanchorquia, 296, n.º 22.

Venta de Cordoba, 550, n.º 597.

Venta del Encero, 334, n.º 448.

Venta del Exido, 518, n.º 261.

Venta grande, 296, n.º 19.

Venta de la Moxonera, 518, n.º 268.

Venta de Pindamon, 505, n.º 125.

Venta de Rin Frio, 550, n.º 400.

Venta de la Sanieta, 1, 8.

Venta de Santa Maria Alciba, 528, n.º 585.

Venta de Soto, 551, n.º 412.

Venta de Tepetongo, 528, n.º 580.

Venta de Tierra Colorada, 518, n.º 267.

Venta de Tesmelocns, 550, n.º 402.

Ventanas, 521, n.º 502.

Vera-Cruz, 334, n.º 455.

Victoria, 297, n.º 41.

Vigas, 535, n.º 435.

Villa de Cura, 297, n.º 46.

Villalpando (mine), 525, n.º 345—344.

Villeta, 299, n.º 69.

Voisaco, 506, n.º 155.

Volcancitos, 502, n.º 109.

Xalapa, 535, n.º 442, 445.

Xayo (rivière), 505, n.º 146.

Xorullo (volcan), 527, n.º 572—574.

Yacanacata (rivière), 506, n.º 155.

Yamoca, 514, n.º 234.

Yanta, 515, n.º 226.

Zaulaca, 514, n.º 232.

Zelaya, 525, n.º 327.

Zembo, 521, n.º 505.

Zumpango, 519, n.º 275.

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES ASTRONOMES ET DES VOYAGEURS DONT LES OBSERVATIONS ONT ÉTÉ
DISCUTÉES DANS CET OUVRAGE.

(Les chiffres romains indiquent le volume, les chiffres arabes la page).

- | | |
|---|--|
| Bauza (Felipe), I, 22. | Gamboa (Marcos Antonio de) y Ryano, II,
17, 20, 70, 79. |
| Borda, I, 28, II, 151. | Godin, II, 321, 353. |
| Bouguer, II, 273, 342, 345. | Gonzales (Ortiz), I, 26, 32. |
| Bradley, II, 104. | Herrera, II, 74, 139. |
| Burnet (William), II, 102. | Herrera (Juan de), II, 149, 156 et 167. |
| Cabrie (Carlos), II, 257. | Hogarte (Tomas), II, 77, 118. |
| Caldas (Jose), II, 273, 289, 292, 293, 294
et 345. | Juan (Jorge), II, 136, 149, 472, 586, 599
et 402. |
| Canelas (Juan-Ortiz), I, 25. | La Condamine, II, 297. |
| Ceballos (Ciriaco), II, 74, 113, 139, 495. | Lafora, II, 536. |
| Chaix, I, 19, 32. | Laguna (Pedro de), II, 536. |
| Churucca (Cosme), I, 86, II, 16, 32, 119
et 158. | Lemaire (Francisco), II, 73. |
| Durand (Alexandre), II, 398, 402. | Macfarlane (Alexandre), II, 588. |
| Ellicot (Andrew), II, 92. | Malaspina (Alexandre), II, 450. |
| Espinosa (Jose de), II, 495. | Mascare, II, 536. |
| Ferrer (Jose Joaquim), I, 90, 182, 188,
190; II, 54, 75, 107, 125, 157, 550. | Maskelyne (Nevil), II, 578. |
| Feuillée (le Père), II, 148, 153, 155, 167,
398 et 572. | Megnié, I, 22. |
| Fidalgo (Joaquin Francisco), I, 86, 260,
11, 181. | Mutis (Celestino), II, 218. |
| Fleurieu, I, 28, II, 131. | Noguera, I, 88, II, 174. |
| Galiano (Dionisio Aleala), II, 59, 496. | Oteyza, II, 536. |
| | Peralta (Pedro de), II, 398, 400. |

Pingré, I, 28.

Puebla-Tornesa, I, 12.

Puységur, II, 137, 570.

Rio (Jose del), II, 69.

Rivera, II, 536.

Robredo (Antonio de), II, 40, 45.

Salazar (José), II, 16.

Shervington (William), II, 586.

Short (James), II, 588.

Silva (Pedro), II, 567.

Tiscar (Juan), I, 26.

Ulloa (Antonio de), II, 149, 172, 321, 327,
328, 351, 352, 337, 356, 363, 367, 386,
399 et 402.

Velasquez (Jusquin), II, 535.

FIN DE LA TABLE DES ASTRONOMES ET DES VOYAGEURS.

TABLE SUPPLÉMENTAIRE.

(On a réuni dans ce Supplément tout ce qui a rapport à l'Astronomie pratique et à la physique générale. *I* designe l'Introduction de M. de Humboldt; *D* le Discours préliminaire de M. Olmanson; *N* le Nivellement barométrique; *I* le I.^{er} volume des Observations astronomiques, et *II*, le II.^e volume.

Angles de hauteur, leur usage, *D*, 132.
Baromètres, leur usage, *I*, 563-567; 371-373.
Variations horaires, *I*, 368.
Cavernes, leur température sous différentes latitudes, *I*, 133; *N*, n. 12.
Chronomètres, leur usage, *I*, 23-27.
Constitution chimique de l'atmosphère, *I*, 115-120.
Décroissement du calorique dans l'atmosphère, *I*, 126-132; 137-140. *I*, 61-64.
Diamètres apparents des planètes, *D*, 67-72.
Étoiles (catalogue d'), *D*, 2-11. Leur mouvement propre, *I*, 29-32; observées à la voile, *I*, 51-55.
Intensité de leur lumière, *I*, 30 et 71.
État hygrométrique de l'air, *I*, 172-176; 334.
Formules barométr., *I*, 283-293; 355-362. *D*, 138.
Instruments d'Astronomie utiles aux voyageurs, *I*, 2-18; 55.
Latitude, discussions des méthodes, *D*, 11-23. *I*, 51.
Longitude, discussions des méthodes: distances lunaires, *D*, 25-61; éclipses de soleil et occultation d'étoiles, *D*, 62-91; passages des planètes inférieures sur le disque du soleil, *D*, 91-101; ascensions droites et angles horaires de la lune, *D*, 100-110; déclinaisons de la lune, *D*, 110-115; *I*, 56-60; satellites, *D*, 121-133. *I*, 41.
Laponie (réfractons en), *I*, 155; *D*, 64.
Magnétisme, *I*, 75.
Mesure géodésique du Chimborazo, *I*, 72-74.
Neiges perpétuelles, leur hauteur, *I*, 134-137. *I*, 65.
Optique, connaissances des Grecs, *I*, 65-71.
Pendichéry (réfraction à), *I*, 148-154.
Physique générale, Table-synoptique, *I* 369.
Positions déterminées astronomiquement, sum-
 mées à de nouvelles discussions dans l'*Introduc-*
tion: Aephenko, 46. Aranjuez, 36. Berlin, 50.

Barcelone, 35. Banc de la Vibora, 42. Caimana, 43. Copenhague, 50. Corogne, 37. Campêche, 44. Callao, 46. Caracas, 39. Ferrol, 37. Gotingue, 49. Guayaquil, 46. Libenthal, 49. Lima, 46. La Guayra, 39. Ile de Cuba, 44. Orchilla, 42. Punta Araya, 42. Puerto Cabello, 41. Puerto Espeña, 38. Santa Martha, 41. Silla de Caracas, 41. Roques, 42. Sainte-Croix de Ténériffe, 37. Torsu, 42. Vents de la Sanicra, 36.
Précision des instruments, *I*, 6-15; 28; 35. *D*, 37.
Réfractons, *I*, 109-115; 140-154. *I*, 65-71.
Roches primitives, *N*, n. 17-39; 48; 56; 69; 99-116; 130; 143; 202; 205; 219; 228; 254; 260; 270; 325; 331-358; secondaires, *N*, n. 1-17; 41; 49-55; 58-68; 74-98; 211-240; 243; 244; 264; 273; 306; 327-330; 413; d'alluvion, *N*, n. 57-119; volcaniques (formation de Trapp) *N*, n. 47; 125-129; 134; 149; 155; 163; 166-264; 223; 231; 250; 281-323; 363-376; 385-411; 415-452.
Sources, leur température, *I*, 133; 295.
Tables hypsométriques, *I*, 337-354. *D*, 138.
Température moyenne, *N*, n. 2, 11; 26; *I*, 129, 132, 134; de la mer, *I*, 317.
Volcans: Puncu et Sotará, *I*, 304. Azufra, Cumbal et Chiles, *I*, 306. Volcan de Pasto, 306. Pichincha, *I*, 308. Anisana, *I*, 309. Chimborazo et Carguairazo, *I*, 311; *I*, 72. Capa-Urcu et Tunguragua, *I*, 310. Jorullo, *I*, 327. Toluca, *I*, 329, *II*, 523. Popocatepetl et Iztaccihuatl, *I*, 331, *II*, 537. Coffre de Perotte, *I*, 332.
Voyage: (Précis abrégé du voyage de MM. de Humboldt et Boupland), *I*, 1, 34, 157; *II*, 1, 109, 247, 284, 298, 359, 429, 466, 502, 537, 564.

CORRECTIONS A FAIRE DANS LE DEUXIÈME VOLUME.

- Page 5, ligne 14, au lieu de $4^h 25' 34''$, lisez $4^h 55' 34''$.
- Page 7, ligne 15, au lieu de 8' à l'ouest; lisez 8' à l'est.
- Page 34, dans le II.^e tableau, 1.^{re} colonne, les hauteurs du bord inférieur du soleil sont indiquées de 3' et trop grandes : mais le calcul est juste.
- ligne 6 d'en bas, au lieu de $5^h 13' 40''$, lisez $5^h 15' 40''$.
- Page 56 et 57, dans les tableaux, au lieu de HATTEUX; lisez DOUVER HATTEUX.
- Page 57, ligne 4, au lieu de DOUVER HATTEUX; lisez HATTEUX.
- Page 58, dans le second tableau, au lieu de HATTEUX; lisez DOUVER HATTEUX.
- Page 59, dans le 1.^{er} tableau, au lieu de HATTEUX; lisez DOUVER HATTEUX.
- Page 60, 61 et 63, dans le tableau, au lieu de HATTEUX; lisez DOUVER HATTEUX.
- Un nouvel examen de la marche du chronomètre (Vol. II, p. 165) a prouvé la nécessité des changements suivants, qui ne s'élèvent qu'à deux secondes en temps.
- Page 69, ligne 15, au lieu de $5^h 29' 22''.5 = 82^h 20' 37''.5$, lisez $5^h 29' 24''.5 = 82^h 21' 7''$.
- Page 67, ligne 15, au lieu de $5^h 31' 35''.5 = 82^h 55' 32''$, lisez $5^h 31' 37''.5 = 82^h 56' 28''$.
- Page 67, dernière lig., au lieu de $5^h 30' 42''.5 = 82^h 46' 22''$, lisez $5^h 30' 43''.5 = 82^h 46' 36''$.
- Page 73, ligne 1, au lieu de $5^h 29' 22''.5 = 82^h 20' 37''.5$, lisez $5^h 29' 24''.5 = 82^h 21' 7''$.
- ligne 7, au lieu de $5^h 29' 22''.5 = 82^h 20' 37''.5$, lisez $5^h 29' 24''.5 = 82^h 21' 7''$.
- Page 75, dans le tableau, première ligne, au lieu de $5^h 5' 56''.1$, lisez $5^h 5' 52''.1$.
- Page 80, dernière ligne, au lieu de $5^h 29' 22''.1$ et $82^h 20' 37''.1$, lisez $5^h 29' 24''.1$ et $82^h 21' 7''.1$.
- Page 85, dans le 1.^{er} tableau, quatre positions sont à corriger comme il suit :
- | | | |
|---------------------------|------------------|-----------------|
| Bocet de Xagou..... | $5^h 31' 57''.5$ | $82^h 54' 22''$ |
| Bocet del Rio San Juan... | $5^h 32' 42''.5$ | $82^h 46' 36''$ |
| Bocet du Grand-Canal..... | $5^h 29' 34''.5$ | $82^h 25' 57''$ |
| Puerto Casilda..... | $5^h 29' 24''.5$ | $82^h 21' 7''$ |
- Page 96, ligne 12 d'en bas, Barcelone; lisez Barceloneta.
- Page 101, ligne 12, au lieu de $4^h 14' 37''$, lisez $4^h 14' 39''$.
- Page 115, dernière ligne, au lieu de $15^h 55' 54''.1$, lisez $15^h 56' 54''.1$.
- Page 122, ligne 12, au lieu de 2 octobre; lisez 30 octobre.
- Page 139, ligne 12, au lieu de steam vessels; lisez steam & vessels.
- Page 140, ligne 4 de la note; lisez : Chabert a trouvé le point d'une caye près de Condit.
- Page 175, ligne 5 d'en bas, au lieu de $4^h 6' 19''.2$, lisez $4^h 6' 19''.2$.
- Page 181, ligne 5, au lieu de vol; lisez voler.
- Page 184, ligne 4 d'en bas, au lieu de l'ère IV, page lisez l'ère IV, p. 66.
- Page 195, ligne 17 d'en bas, au lieu de $77^h 1' 24''.1$, lisez $77^h 1' 21''.1$.
- Page 200, ligne 7 d'en bas, au lieu de $5^h 10' 16''.2$, lisez $5^h 46' 16''.2$.
- Page 204, ligne 8 d'en bas, au lieu de $55^h 9''$, lisez $55^h 59''$.
- Page 215, ligne 9 d'en bas, sans la 1.^{re} observ.; lisez sans la 2.^{re} observ.
- ligne 4 d'en bas, sans la 5.^{re} observ.; lisez sans la 2.^{re} observ.
- Page 236, dans le 1.^{er} tableau, ligne 6, au lieu de $5^h 6' 20''$, lisez $5^h 6' 56''$.
- dans le 2.^{er} tableau, ligne 5, au lieu de $5^h 25' 18''.6$ et $86^h 6' 59''.1$, lisez $5^h 25' 18''.6$ et $86^h 7' 59''.1$.
- Page 250, ligne 11 d'en bas, je rectifierai; lisez j'ai rectifié.
- Page 266, ligne 11 d'en bas, au lieu de $5^h 5' 57''.8$, lisez $5^h 4' 37''.8$.
- Page 266, ligne 8 d'en bas, au lieu de $5^h 55' 45''.6$, lisez $5^h 55' 45''.6$.
- ligne 5 d'en bas, au lieu de $5^h 55' 46''.6$, lisez $5^h 55' 46''.6$.
- Page 266, ligne 6, au lieu de plus près du centre de la terre; lisez plus près du centre de l'ombre de la terre.
- Page 266, ligne 7, au lieu de $5^h 55' 20''$, lisez $5^h 55' 20''$.
- ligne 5 d'en bas, au lieu de $29^h 1' 48''$, lisez $29^h 15' 48''$.
- Page 277, ligne 9 d'en bas, au lieu de sur celle; lisez sans celle.
- Page 289, première ligne, au lieu de $5^h 54' 58''.3$, lisez $4^h 54' 58''.3$.
- Page 296, ligne 2 d'en bas, au lieu de $85^h 33' 18''$, lisez $85^h 33' 18''$.
- Page 296, ligne 9 d'en bas, au lieu de $0' 46''$, lisez $0' 16''$.
- Page 296, ligne 5 d'en bas, au lieu de $46^h 15' 57''$, lisez $46^h 18' 57''$.

[illegible]

RECUEIL

D'OBSERVATIONS ASTRONOMIQUES,

D'OPÉRATIONS TRIGONOMÉTRIQUES

ET DE MESURES BAROMÉTRIQUES.

LES observations astronomiques que *M. de Humboldt* a faites pendant le cours de son voyage aux Tropiques, et dont je présente le calcul dans cet ouvrage, remplissent un espace de cinq années. Dans l'Introduction qui précède mon travail, l'observateur lui-même a rendu compte, et des instrumens qu'il a eus à sa disposition, et des soins qu'il a pris pour rendre son entreprise utile aux progrès de la Géographie et de l'Astronomie nautique. Tout ce qui est simplement historique est rapporté dans les volumes qui contiennent le récit du voyage. Je me borne à extraire, des manuscrits qui m'ont été confiés, ce qui est relatif aux époques des observations, et aux circonstances qui en ont pu modifier la valeur.

Astronomie.

Je ne m'arrête point aux simples résultats des calculs. J'ai pensé qu'il seroit intéressant, pour les astronomes et pour les géographes, de comparer ces résultats aux observations qui ont été faites avant ou depuis l'expédition de *M. de Humboldt*. L'harmonie qu'elles présentent servira à confirmer les longitudes auxquelles nous nous sommes arrêtés dans cet ouvrage. J'ai cru pouvoir donner un développement particulier à ces recherches, toutes les fois qu'il s'agissoit de points dont la position est importante, soit pour la navigation, soit pour ceux qui veulent dresser des Cartes sur des fondemens d'une solidité reconnue. Ce genre de travail, par sa nature même, ne peut offrir que peu d'attraits au lecteur. Mais aussi n'avons-nous d'autre but que de présenter un ouvrage utile et riche en faits nouveaux.

LIVRE PREMIER.

OBSERVATIONS FAITES EN ESPAGNE ET AUX
ISLES CANARIES.

M. DE HUMBOLDT séjourna en Espagne depuis le 3 janvier jusqu'au 5 juin 1799. Occupé des préparatifs de son grand voyage, il ne put faire qu'un petit nombre d'observations. Ignorant encore la langue du pays, il devoit craindre d'exciter la méfiance des campagnards. Cette considération l'empêcha souvent de s'établir avec ses instrumens en plein air. Embarqué avec *M. Bonpland* à la Corogne, le 5 juin 1799, sur la frégate le Pizarro, il fut le 16 juin à la vue de Lancerotte. Le 19, il mouilla à la rade de Sainte-Croix de Ténériffe, où il séjourna jusqu'au 25, pour faire une excursion géologique à la cime du Pic de Teyde. Après avoir traversé en dix-neuf jours la partie de l'Océan Atlantique qui sépare l'Afrique de l'Amérique méridionale, il reconnut, le 13 juillet, les côtes élevées de Tabago.

BARCELONE.

Détermination du temps.

Le 15 janvier 1799. Hauteurs correspondantes du soleil. Température 10° du thermomètre centigrade.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE		DOULE HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	MIDI ou chronomètre.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
11 ^h 11' 11"	12 ^h 57' 33"	53° 16' 32"	0 ^h 4' 32,0
11 ^h 12' 55"	55' 47"	35' 52"	21,0
11 ^h 16' 45"	51' 57"	45' 2"	21,0
11 ^h 22' 9"	46' 33"	54° 10' 2"	21,0
11 ^h 23' 19"	45' 21"	15' 2"	20,0
11 ^h 24' 37"	44' 4"	20' 2"	20,5
11 ^h 27' 12"	41' 38"	50' 22"	20,0
11 ^h 29' 51"	38' 50"	40' 2"	20,5

Termes moyen, 0^h 4' 30,7

Correction du midi, = - 8,7

Equation du temps, = 9' 58,4

Retard sur le temps moyen, 5' 46,4

Le 26 janvier.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		DOUBLE HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	MIDI du chronomètre.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
11 ^h 52' 51"	0 ^h 42' 7"	59° 28' 44"	0 ^h 7' 19",0
11 ^h 53' 58"	0 ^h 41' 0"	52' 44"	19",0
11 ^h 55' 28"	0 ^h 39' 13"	39' 4"	20",5

Terme moyen, 0^h 7' 19",5

Correction, — 5",6

Equation du temps, 13' 2",1

Retard sur le temps moyen, 5' 48",2

D'après ces observations, du 15 au 26 janvier le chronomètre auroit retardé de 1",8; ainsi le retard diurne seroit de 0",16. Les hauteurs du soleil, prises le 26 avant midi, furent observées très-exactement; mais après midi, le soleil ne présenta qu'un disque pâle dans l'horizon artificiel, ce qui peut causer un doute de 8 à 9 secondes de temps, ainsi que je le trouve marqué dans l'original même. Le retard diurne du chronomètre aura probablement excédé 0",16; car il me paroît vraisemblable que la pâleur du disque solaire a retardé l'observation du contact optique. Le retard diurne aura pu être, en conséquence, de 1".

Détermination de latitude.

Le 26 janvier.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR VRAIE du soleil.	CORRECTION du levier et de déclinaison.	HAUTEUR au MÉRIDIEN.
55° 35' 52"	11 ^h 53' 47"	27° 30' 0"	+ 2' 52",1	27° 32' 52",0
55° 37' 52"	11 ^h 55' 58"	27° 31' 0"	1' 57",8	32' 58"
55° 50' 47"	11 ^h 58' 0"	27° 32' 57",2	1' 2",5	33' 0"
55° 41' 7"	0 ^h 4' 30"	27° 31' 42",2	0' 0",0	32' 42",2
55° 39' 47"	0 ^h 11' 16"	27° 31' 57",2	1' 7",5	33' 4"
55° 37' 52"	0 ^h 12' 48"	27° 31' 0"	1' 50",7	32' 50",7
55° 35' 52"	0 ^h 14' 54"	27° 30' 0"	2' 52",5	32' 52",5

Terme moyen, 27° 31' 54",3

Déclinaison australe du soleil, 21° 4' 28",0

Hauteur de l'équateur, 48° 37' 22",5

Hauteur du pôle, 41° 22' 37",7

L'observation se fit sur la terrasse de l'auberge de la Fontaine d'Or, au même local où l'illustre *Méchain* acheva une partie de ses grands travaux astronomiques. La latitude trouvée par *M. de Humboldt* ne diffère que de 10 secondes de celle qui est indiquée par l'astronome français; car les triangles qui ont servi à la dernière mesure de la méridienne donnent, pour la latitude de la cathédrale de Barcelone, $41^{\circ} 23' 0'',5$, et pour la longitude, $38^{\circ},3$ en temps, à l'ouest de Paris'. Selon une lettre de *M. Méchain*, la latitude de la terrasse indiquée ci-dessus étoit de $41^{\circ} 22' 47''$; nord, et la longitude $37^{\circ},8$ en temps, à l'ouest de Paris. Cette latitude fut déterminée par un grand nombre d'observations de hauteurs de α et β de la petite Ourse; la longitude ne le fut que par approximation'. *Tofiño*, dans son *Atlas marítimo de España*, publié en 1789, place le port de Barcelone à $9' 10''$ en arc, ou $36''$ en temps à l'ouest de Paris.

Le 15 janvier, il devoit y avoir une occultation de Jupiter par la lune. *M. de Humboldt* suivit la planète jusqu'à quelques minutes avant l'immersion, où la lune s'abaissa derrière les montagnes de Saint-Jérôme, et rendit impossible une opération qui eût été d'autant plus importante, que *M. de Humboldt* avoit examiné, avec un soin tout particulier, la marche de son chronomètre.

Il est utile d'observer que, pour la détermination des longitudes suivantes, j'ai supposé celle de *Barcelone* de $9^{\circ} 34',5$ et $38^{\circ},3$ en temps à l'ouest de l'Observatoire impérial de Paris.

MONTSERRAT.

Observatoire: l'Abbaye.

Détermination^a du temps.

Le 20 janvier 1799. Hauteurs correspondantes de Sirius. Température 11° .

TEMPS DU CHRONOMÈTRE avant LE PASSAGE PAR LE MÉRIDIEN.		DOUBLE HAUTEUR de SIRIUS.	PASSAGE par LE MÉRIDIEN.
$9^h 51' 40''$	$11^h 9' 38''$	$63^{\circ} 35' 19''$	$10^h 50' 42'',0$
$9^h 53' 26''$	$11^h 8' 0''$	$41' 44''$	$43'',0$
$9^h 55' 7''$	$11^h 6' 8''$	$40' 4''$	$37'',5$
$9^h 57' 51''$	$11^h 5' 22''$	$58' 44''$	$56'',5$

^a Connaissance des Temps, XY.

^b Bode, Astronomisches Jahrbuch für 1797, p. 231.

Terme moyen, $10^h 30' 59''.7$

Le chronomètre devoit indiquer, $10^h 35' 9''.7$ temps moyen.

Retard sur le temps moyen, $4' 50''.0$

Position apparente de Sirius: $99^\circ 4' 32''.1$ ascension droite, et $16^\circ 27' 0''.4$ déclinaison australe.

Détermination de latitude.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de SIRIUS.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VRAIE HAUTEUR.	CORRECTION de HAUTEUR.	HAUTEUR au MÉRIDIEN.
$63^\circ 57' 44''$	$10^h 30' 17''$	$31^\circ 57' 21''$	$0' 0''.5$	$31^\circ 57' 21''.5$
$63^\circ 57' 24''$	$10^h 33' 46''$	$31^\circ 57' 11''$	$0' 16''.0$	$27''.0$
$63^\circ 55' 4''$	$10^h 37' 49''$	$31^\circ 56' 1''$	$1' 25''.8$	$26''.8$

Terme moyen, $31^\circ 57' 25''.1$

Déclinaison de Sirius, $16^\circ 27' 0''.4$

Hauteur de l'équateur, $48^\circ 24' 25''.4$

En conséquence de ces données, la latitude de Monserrat est de $41^\circ 35' 35''$ nord; cette observation, faite dans des circonstances peu favorables, peut être en erreur de $20''$. M. Delambre trouve, par les observations de M. Méchain, $41^\circ 35' 1''.7$ et $41^\circ 34' 58''.5$.

Longitude.

Convent de Montserrat, $1^\circ 55''.6$ en temps ou $28' 54''$ en arc, à l'ouest.

Tofiño place Montserrat à $18'$ en arc à l'ouest de Barcelone; mais le signe qui indique l'endroit, occupe sur la carte un espace d'environ 9 minutes. Cette dernière détermination donne $26' 15''$ ouest pour le méridien de Paris. Par les observations de M. Méchain, M. Delambre trouve $2' 4''.5$ de longitude; une première observation de M. de Humboldt, faite le 15 janvier, donne $2' 5''.8$.

COL DE BALAGUER.

*Détermination de latitude.*Le 31 janvier 1799. Culmination du soleil, $0^h 12' 33'' \frac{1}{2}$ au chronomètre.Température 10.0

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VRAIE HAUTEUR du SOLEIL.	CORRECTION de l'erreur et de déclinaison.	HAUTEUR au MÉRIDIEN.
$62^{\circ} 0' 34''$	$0^h 5' 0''$	$51^{\circ} 42' 37''$	$+ 1' 40'' \frac{1}{2}$	$51^{\circ} 44' 17'' \frac{1}{2}$
$64^{\circ} 1' 44''$	$7' 24''$	$45' 12''$	$0' 48'' \frac{1}{2}$	$44' 0''$
$64^{\circ} 2' 34''$	$10' 25''$	$43' 37''$	$0' 9'' \frac{1}{2}$	$43' 46''$
$64^{\circ} 3' 14''$	$11' 41''$	$43' 57''$	$0' 5'' \frac{1}{2}$	$43' 59''$
$64^{\circ} 1^h 44''$	$18' 25''$	$43' 12''$	$0' 55'' \frac{1}{2}$	$44' 5''$
$64^{\circ} 0' 34''$	$20' 17''$	$42' 37''$	$1' 33'' \frac{1}{2}$	$44' 10'' \frac{1}{2}$

Terme moyen, $51^{\circ} 44' 3'' \frac{1}{2}$ Déclinaison australe du soleil, $17^{\circ} 17' 37'' \frac{1}{2}$ Hauteur de l'équateur, $49^{\circ} 1' 40''$ Hauteur du pôle, $40^{\circ} 58' 20''$

VENTA DE LA SANIETA.

La Venta de la Sanieta est à 5 lieues au sud d'Alcala de Chivert, au milieu d'un terrain inculte entre Torre Blanca et Oropesa.

*Détermination de latitude.*Le 2 février. Hauteurs de *Rigel* (β Orion), près de la culmination.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de RIHEL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VRAIE HAUTEUR.	CORRECTION de HAUTEUR.	HAUTEUR au MÉRIDIEN.
$82^{\circ} 46' 14''$	$8^h 6' 15''$	$41^{\circ} 22' 22'' \frac{1}{2}$	$+ 2' 11'' \frac{1}{2}$	$41^h 24' 14''$
$82^{\circ} 50' 49''$	$8^h 10' 26''$	$41^{\circ} 24' 20''$	$0' 31'' \frac{1}{2}$	$51''$
$82^{\circ} 51' 54''$	$8^h 14' 5''$	$40^{\circ} 24' 52'' \frac{1}{2}$	$0' 0'' \frac{1}{2}$	$52'' \frac{1}{2}$
$82^{\circ} 50' 54''$	$8^h 16' 49''$	$41^{\circ} 24' 32'' \frac{1}{2}$	$0' 11'' \frac{1}{2}$	$54''$
$82^{\circ} 46' 14''$	$8^h 22' 30''$	$41^{\circ} 22' 22'' \frac{1}{2}$	$2' 11'' \frac{1}{2}$	$15'' \frac{1}{2}$

Terme moyen, $41^{\circ} 24' 33^{\circ},0$
 Déclinaison australe, $8^{\circ} 26' 43^{\circ},0$
 Hauteur de l'équateur, $49^{\circ} 51' 16^{\circ},0$
 Latitude, $40^{\circ} 8' 44^{\circ}$ nord.

Culmination calculée de Rigel $8^{\circ} 14' 23^{\circ},1$ au chronomètre.

Hauteurs de Sirius près de la culmination.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de SIRIUS.	TEMPS en CHRONOMÈTRE.	VERNE HAUTEUR.	CORRECTION de HAUTEUR.	HAUTEUR au MÉRIDIEN.
$66^{\circ} 47' 34''$	$9^h 38' 22''$	$53^{\circ} 22' 21''$	$+ 1' 29^{\circ},6$	$53^{\circ} 23' 50''$ douteuse.
$66^{\circ} 50' 34''$	$9^h 40' 50''$	$53^{\circ} 23' 51''$	$38^{\circ},7$	$24' 29^{\circ},1$
$66^{\circ} 51' 34''$	$9^h 43' 38''$	$53^{\circ} 24' 21''$	$6^{\circ},4$	$24' 27''$
$66^{\circ} 51' 24''$	$9^h 46' 35''$	$53^{\circ} 24' 16''$	$1^{\circ},8$	$24' 17^{\circ},1$
$66^{\circ} 50' 34''$	$9^h 50' 20''$	$53^{\circ} 23' 51''$	$39^{\circ},4$	$24' 30''$

Terme moyen, $53^{\circ} 24' 26^{\circ},1$
 Déclinaison australe apparente, $16^{\circ} 27' 3^{\circ},0$
 Hauteur de l'équateur, $49^{\circ} 51' 29''$
 Hauteur du pôle, $40^{\circ} 8' 31^{\circ}$ nord.
 Les hauteurs de Rigel donnèrent, $40^{\circ} 8' 44''$
 Latitude de la *Venta de la Sanieta*, $40^{\circ} 8' 37^{\circ},1$ nord.

Sirius passa par le méridien à $9^h 45' 33^{\circ},1$ en temps du chronomètre.

Détermination de latitude.

Les deux hauteurs correspondantes de Sirius donnèrent au chronomètre, pour sa culmination, $9^h 45' 56^{\circ},5$ et $9^h 45' 35^{\circ},1$; et en terme moyen, $9^h 45' 45^{\circ},8$

Or, Sirius devoit culminer à $9^h 44' 1^{\circ},7$ en temps moyen. Par conséquent le chronomètre étoit en avance, sur le temps moyen, de $2' 44^{\circ},1$. Une hauteur correspondante de Rigel ne donna que $1' 30^{\circ},9$.

Ces hauteurs ayant été observées beaucoup trop près du méridien pour servir à la détermination du temps, je calculai encore les hauteurs suivantes de Sirius :

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de SIRIUS.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR NACTURELLE.	TEMPS MOYEN.	ACCELERATION.
62° 0' 59"	8h 55' 50"	51° 3' 25"	8h 53' 27",4	0h 2' 2",6
62° 50' 29"	8h 58' 15"	51° 13' 41"	8h 56' 7",5	2' 7",5
62° 44' 4"	8h 59' 59"	51° 20' 29"	8h 57' 57",8	2' 2",0
62° 55' 4"	8h 41' 50"	51° 25' 59"	8h 59' 23",7	2' 6",3

Terme moyen, 0h 2' 4",6 en avance sur le temps moyen.

Ascension droite apparente de Sirius 90° 4' 28",1.

Longitude.

Venta de la Sienita, 2° 16' 34",5 ou 9' 6",3 en temps à l'ouest de Paris.

Dans un endroit nommé *Los Munjos*, à $\frac{1}{2}$ de lieue au sud-sud-est de Villafranca, M. de Humboldt observa la latitude 41° 13' 13". La longitude resta un peu incertaine; elle parut être de 2' 23" en arc à l'ouest de Paris. (*Extrait d'une lettre de M. de Humboldt à M. Delambre.*)

VALENCE.

Observatoire : Santa Thecla, au centre de la ville.

Détermination du temps.

Le 6 février 1799. Hauteurs correspondantes du soleil.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE		DOUBLE HAUTEUR de bord supérieur du SOLEIL.	MIDI ou CHRONOMÈTRE.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
9h 32' 34"	3h 4' 44"	46° 7' 25"	0h 18' 39",0
9h 34' 25"	3h 2' 55"	46° 36' 10"	39",0
9h 35' 40"	3h 1' 45"	46° 55' 50"	42",5
9h 36' 58"	3h 0' 21"	47° 16' 30"	39",5
9h 39' 28"	2h 57' 52"	47° 55' 10"	40",0
9h 41' 58"	2h 54' 45"	48° 28' 50"	41",5

Terme moyen, 0h 18' 40",3

Correction, — 13",5

Equation du temps, — 14' 30",2

Accélération sur le temps moyen, 3' 56",8

Astronomie.

Détermination de latitude

Le 6 février. Température, 17°5. (14° R.)

Hauteurs du soleil près de la culmination.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
MOINS HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR VRAIE.	CORRECTION de hauteur et de déclinaison.	HAUTEUR au MÉRIDIEN.
70° 35' 55"	0 ^h 22' 10"	35° 0' 33"	+ 31",8	35° 0' 54",1
70° 53' 8"	0 ^h 25' 44"	34° 59' 9"	1' 28",8	58"
70° 31' 30"	0 ^h 27' 29"	34° 58' 15"	2' 18",5	35",1
70° 29' 20"	0 ^h 29' 21"	34° 57' 15"	3' 23",3	58",1

Terme moyen, 35° 0' 41",1

Déclinaison australe du soleil, 15° 30' 53",9

Hauteur de l'équateur, 50° 51' 55"

Hauteur du pôle, 59° 28' 25"

Sans la seconde et troisième observation, 59° 28' 20"

Hauturs de Sirius près de la culmination. Le 6 février. Culmination, 9^h 32' 15"
au chronomètre.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
MOINS HAUTEUR.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR VRAIE.	CORRECTION de HAUTEUR.	HAUTEUR au MÉRIDIEN.
68° 5' 5"	9 ^h 21' 28"	34° 1' 11"	3' 25",0	34° 4' 56"
68° 0' 55"	9 ^h 25' 3"	34° 2' 6"	2' 20",5	55",1
68° 8' 40"	9 ^h 24' 50"	34° 2' 59"	1' 45",9	43",1
68° 9' 50"	9 ^h 26' 10"	34° 3' 54"	1' 5",5	58"
68° 10' 50"	9 ^h 27' 41"	34° 3' 54"	0' 56",8	50",1
68° 11' 50"	9 ^h 50' 5"	34° 4' 24"	0' 8",5	52"

Terme moyen, 34° 4' 55",9

Déclinaison australe, 16° 27' 3",8

Hauteur de l'équateur, 50° 51' 59",7

Hauteur du pôle, 59° 28' 20"

Le 7 février. Hauteurs du soleil près de la culmination.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VRAIE HAUTEUR.	CORRECTION de hauteur et de déclinaison.	HAUTEUR au MÉRIDIEN.
71° 10' 15"	0h 12' 0"	55° 17' 45" $\frac{1}{2}$	+ 1' 31",6	55° 19' 5"
71° 10' 42"	0h 15' 43"	55° 17' 57"	0' 43",6	18' 40" $\frac{1}{2}$
71° 11' 55"	0h 15' 15"	55° 18' 25" $\frac{1}{2}$	0' 31",9	18' 44" $\frac{1}{2}$
71° 12' 5"	0h 17' 20"	55° 18' 38" $\frac{1}{2}$	0' 5",5	18' 42"
71° 12' 50"	0h 19' 58"	55° 18' 43" $\frac{1}{2}$	0' 1",3	18' 45"
71° 11' 50"	0h 23' 15"	55° 18' 21"	0' 36",2	18' 57" $\frac{1}{2}$
71° 8' 40"	0h 26' 50"	55° 18' 56"	1' 56",8	18' 55"

Terme moyen, 55° 18' 49",6

Déclinaison australe du soleil, 15° 12' 10",8

Hauteur de l'équateur, 50° 51' 0",4

Hauteur du pôle, 39° 28' 59" $\frac{1}{2}$ nord.

La latitude de *Valence* pourra donc être déterminée d'après les résultats suivants :

Le 6 février, par des hauteurs du soleil, 39° 28' 25"

Par des hauteurs de Sirius, 20"

Le 7 février, par des hauteurs du soleil, 59" $\frac{1}{2}$

Terme moyen, 39° 28' 35"

Le 6 février, Sirius ne se présenta qu'avec une lueur pâle dans l'horizon artificiel; c'est ainsi que je le trouve marqué dans l'original. Je m'en tiens par conséquent aux observations des hauteurs solaires, et je détermine la latitude de *Valence* (Santa Thecla) 39° 28' 42" nord.

Longitude.

La longitude géographique de *Valence* est, d'après la détermination chronométrique, 2° 45' 5" ou 11' 0",3 en temps à l'ouest de Paris.

Le jésuite *Cassau* a publié une carte du royaume de Valence : il y met *Valence* par 39° 29' de latitude. *Tosca* place cette ville par 39° 34'. Mais on suppose à Valence que les données de Cassau et de Tosca sont le résultat de simples combinaisons, et non d'observations directes.

On a lieu d'être encore plus surpris de la différence qui se trouve entre les résultats de *M. de Humboldt* et ceux de *Tofiño*. Celui-ci donne pour *Valence* la position suivante :

Latitude de la cathédrale . . . 39° 26' 30".

Longitude 2° 41' 50" de Paris.

Grao de Valencia, port à l'embouchure du Guadalquivir.

Latitude, 39° 25' 40". Longitude, 2° 46' 40".

Lopez, dans sa Carte spéciale du royaume de Valence, donne pour la latitude de la cathédrale de la ville, 39° 26' 30", et pour sa longitude, 16° 16' 30" à l'est du Pic de Ténériffe, ou 2° 43' 30" à l'ouest de Paris. On a peine à concevoir qu'un astronome d'une habileté reconnue, tel que *Tofiño*, et qui observoit avec de grands quarts de cercle, ait pu commettre une erreur de plus de deux minutes en latitude. Mais *M. Espinosa* assura à *M. de Humboldt* que *Tofiño* n'avoit jamais fait ses observations dans la ville de Valence même, et qu'il n'avoit conclu la position de cette ville que des observations faites au port du Grao, éloigné d'un mille de la cathédrale. Tel étoit l'état des choses en 1799. Le problème a été résolu en faveur de l'observation de *M. de Humboldt*.

Car, quatre ans après lui, le baron de la Puebla-Tornesa, astronome zélé et exact, observa la latitude de la grande tour de la cathédrale de Valence, par 90 distances de Fomalhaut au zénith, mesurées avec un cercle répéteur. Il trouva cette latitude de 39° 28' 45",² nord. Les triangles de Méchain donnent, pour la demeure du baron de la Puebla-Tornesa, 39° 28' 31",⁸ de latitude, et 1° 58",¹⁹ en temps de longitude à l'ouest de Paris¹. Or, la cathédrale est de 1",⁸ plus au sud, et de 0",⁹ en temps plus à l'ouest que l'observatoire du baron². Ainsi, sa latitude sera de 39° 28' 30", et sa longitude, 1° 59",¹. La petite différence qui se trouve entre les latitudes déterminées par Méchain et *M. de la Puebla*, n'a rien qui doive nous surprendre, si l'on considère, 1° que *Maskehyne* et *Piazzi* diffèrent de 7",⁶ pour la déclinaison de Fomalhaut³, et, 2° que cette étoile ne culminant à Valence qu'à 20° de hauteur, la réfraction sous cette angle est

¹ *Atlas marítimo. Carta de la costa desde Cabo de Gata hasta Cabo de Oropesa.*

² *Connaissance des temps*, XV, p. 351.

³ *Varietates de Ciencias*, etc. Ass. 11°, tome 1°, p. 24.

⁴ *Connaissance des temps*, XV, p. 351.

⁵ *Ephemerides astronomicae*, anni 1806, autore Tricaseker, p. 328.

incertaine. Le terme moyen entre ces deux résultats de latitude, donne $39^{\circ} 28' 37,6$. Il se trouve, à 4 ou 5 secondes près, conforme à l'observation de M. de Humboldt, faite à une très-petite distance de la cathédrale.

Le baron de la Puebla - Tornesa, pour déterminer la longitude géographique de son observatoire de Valence, observa le commencement de l'éclipse de soleil du 17 août 1803, à $17^{\text{h}} 46' 10,0$, et la fin à $19^{\text{h}} 43' 48,8$ temps moyen.

La réduction de ces observations m'a fourni les données suivantes, par le calcul parallactique fait d'après les plus nouvelles tables du soleil et de la lune :

Le 16 août, 19^{h} , temps moyen à Paris.

Vraie longitude de la lune $= 4^{\circ} 22^{\circ} 50' 51'',72$;
 Vraie latitude de la lune $= 4' 8'',12$ nord;
 Parallaxe horizontale équatoriale, $55' 9'',80$. Demi-diamètre, $15' 3'',52$;
 Mouvement horaire de la lune, $30' 49'',67$, et pour l'heure suivante $-0'',59$;
 Diminution horaire de la latitude boréale de la lune, $2' 51'',0$;
 Demi-diamètre du soleil, $15' 49'',00$. Mouvement horaire du soleil, $2' 24'',35$;
 Parallaxe du soleil, $8'',61$. Longitude moyenne du soleil, $4^{\circ} 24^{\circ} 41' 52'',8$;
 Aplatissement de la terre $= \frac{1}{17}$.

L'observation de cette éclipse se fit à Paris de la manière suivante :

A l'Observatoire impérial : la fin à $19^{\text{h}} 50' 11'',4$, par Bouvard;

Au Collège de France : le commencement à $18^{\text{h}} 3' 17'',2$, par Lalande;

A l'hôtel de Cluny : le commencement à $18^{\text{h}} 3' 15'',2$; la fin à $19^{\text{h}} 50' 6'',2$, par Messier;

A la rue de Paradis : le commencement à $18^{\text{h}} 3' 8'',2$; la fin à $19^{\text{h}} 50' 17'',7$, par Delambre;

A l'Ecole Militaire : la fin à $19^{\text{h}} 49' 58'',2$, par Burckhardt.

Le tout, en temps moyen.

J'obtins, par le calcul parallactique :

1^o. Pour l'observation de M. Bouvard, à l'Observatoire impérial,

Latitude apparente de la lune, $21' 55'',15$ sud;

Différence des parallaxes de longitude de la lune et du soleil, $43' 42'',42$;

Demi-diamètre apparent de la lune, $15' 9'',83$;

Temps de la conjonction du soleil et de la lune, $20^{\text{h}} 34' 9'',80 - 2,12 \Delta 8$.

* Connaissance des temps pour l'an XV, p. 235 et 356.

20. Pour l'observation de *Lalande*,

Latitude apparente de la lune, $19^{\circ} 10', 27$;
 Différence des parallaxes de longitude, $47' 22'', 71$;
 Demi-diamètre apparent de la lune, $15' 6'', 52$;
 Conjonction, $20^h 34' 33'', 35 + 1,67 \Delta \beta$.

30. Pour l'observation de *M. Messier*,

	Commencement.	Fin.
Latitude apparente de la lune (sud) . . .	$19^{\circ} 16'', 56$	$21^{\circ} 55'', 59$
Différence des parallaxes de longitude. . .	$47' 22'', 68$	$42' 42'', 62$
Demi-diamètre apparent de la lune . . .	$15' 6'', 52$	$15' 9'', 82$

Temps de la conjonction: par le commencement, $20^h 34' 31'', 02 + 1,67 \Delta \beta$;
 par la fin. $20^h 34' 6'', 04 - 2,12 \Delta \beta$.

40. Pour l'observation de *M. Delambre*,

	Commencement.	Fin.
Latitude apparente de la lune (sud) . . .	$19^{\circ} 16'', 55$	$21^{\circ} 56'', 59$
Différence des parallaxes de longitude. . .	$47' 22'', 54$	$42' 41'', 56$
Demi-diamètre apparent de la lune . . .	$15' 6'', 53$	$15' 9'', 83$

Temps de la conjonction: par le commencement, $20^h 34' 25'', 50 + 1,67 \Delta \beta$;
 par la fin. $20^h 34' 16'', 90 - 2,12 \Delta \beta$.

50. Pour l'observation de *M. Burckhardt*,

Latitude apparente de la lune, $21^{\circ} 55'', 84$ sud;
 Différence des parallaxes de longitude, $42' 43'', 35$;
 Demi-diamètre apparent de la lune, $15' 9'', 82$;
 Temps de la conjonction, $20^h 34' 0'', 03 - 2,12 \Delta \beta$.

Le tout en temps moyen des lieux d'observation.

En réduisant ces époques de conjonction à l'Observatoire impérial de Paris, on reçoit les résultats suivants:

	Commencement.	Fin.
Observation de Bouvard.		$20^h 34' 9'', 8$
Lalande.	$20^h 34' 31'', 1$	
Messier.	$29'', 2$	$4'', 2$
Delambre.	$18'', 5$	$11'', 9$
Burckhardt.		$7'', 6$
En terme moyen.	$20^h 34' 26'', 5$	$20^h 34' 8'', 4$

Je calculai pour l'observation de la fin de l'éclipse à *Valence*:

Latitude apparente de la lune, $15^{\circ} 49', 72$ sud;

Différence des parallaxes de longitude, $46' 19''.25$;

Demi-diamètre apparent de la lune, $15' 9''.82$.

Je trouvai, d'après ces données, le temps de la conjonction, $20^h 23^m 5''.3$.

— $1.05 \Delta \beta$.

Je suppose une erreur dans le temps du commencement de l'éclipse, et Méchain a fait la même observation. (*Connoiss. des temps*, XV, p. 351.)

Il résulte de mes recherches :

Conjonction à Paris, $20^h 54' 8''.4 = 2.12 \Delta \beta$

à Valence, $20^h 23' 5''.3 = 1.05 \Delta \beta$

Et par conséquent la longitude de Valence $11' 3''.1 = 1.07 \Delta \beta$. Quelques observations faites en d'autres endroits, me donnèrent $\Delta \beta$ ou la correction de la latitude de la lune établie pour base $= + 1''.2$; ce qui donne la longitude $= 11' 3''.1 - 1.07 \times 1''.2 = 11' 1''.8$.

Pour écarter entièrement l'influence de la latitude de la lune, je calculai l'observation correspondante faite par *Piazzi à Palerme*. Je trouvai, en supposant le commencement $18^h 27' 22''.7$; la fin $20^h 55' 31''.0$:

	Commencement.	Fin.
Latitude apparente de la lune (sud) . . .	$8' 5''.16$	$13' 16''.54$
Différence des parallaxes de longitude . .	$51' 5''.51$	$58' 46''.17$
Demi-diamètre apparent de la lune . . .	$15' 7''.16$	$15' 12''.68$

De là je trouvai le temps de la conjonction, par le commencement, $21^h 18' 15''.2$; par la fin, $21^h 18' 13''.7 = 0.071 \Delta \beta$. Il en résulte, n'ayant toujours égard qu'aux observations de la fin de l'éclipse, la longitude de Valence, de $55' 8''.4 + 0.08 \Delta \beta$, ou $55' 8''.4 + 0.08 \times 1''.2 = 55' 8''.5$ à l'ouest de Palerme, et $11' 2''.15$ en temps à l'ouest de Paris, et, par un milieu entre ces deux combinaisons, $11' 2''.15$. Ainsi, la longitude de la cathédrale, qui, comme nous l'avons remarqué plus haut, est à $0''.9$ à l'ouest de l'observatoire de M. de la Puebla, seroit $11' 3''.0$.

Méchain trouva par la même éclipse, $10' 59''.7$; Wurm, $11' 3''.1$. Mon calcul est entièrement conforme à ces résultats.

Le 17 juillet 1804, le baron de la Puebla-Tornesa observa l'immersion de l'étoile γ du scorpion ou le bord obscur de la lune à $9^h 26' 48''.8$ temps moyen. L'immersion ne fut pas visible. L'immersion fut en même-temps ob-

¹ Connaissance des temps pour l'an XV, p. 332. De Zach, *Monatliche Correspondenz*, etc. vol. 19, p. 466.

servé à Vienne par l'astronome impérial M. *Triesneker*, $10^h 56' 33''.0$, et à Prague par M. *David*, $0^h 45' 30''.1$ temps moyen.

Je calculai pour 10^h temps moyen à Paris :

Vraie longitude de la lune $= 8^o 0' 16'' 31''.6$;

Latitude australe de la lune $= 4^o 45' 45''.6$;

Parallaxe équatoriale de la lune $= 54' 16''.0$. Progression horaire, $0''.42$;

Demi-diamètre de la lune $= 14' 48''.64$;

Longitude moyenne du soleil avec la nutation en ascension droite, $5^o 25' 30'' 10''.6$;

Mouvement horaire de la lune en longitude, $29' 49''.54$, et pour l'heure suivante, $0''.59$ en augmentant.

Variation horaire de latitude de la lune pour l'heure précédente $- 1' 9''.68$, et pour l'heure suivante $+ 1' 10''.82$.

Latitude apparente de l'étoile π a couverte par le disque lunaire $5^o 26' 58''.56$ sud. L'applatissement de la terre a été de nouveau supposé $\frac{1}{11}$.

A l'aide de ces éléments géocentriques, je trouvai, par le calcul des parallaxes, les résultats suivans, pour le temps de l'immersion à *Valence* $= 9^h 26' 48''.8$ temps moyen :

Parallaxe de longitude de la lune $- 3' 51''.97$;

Latitude apparente de la lune, $5^o 56' 10''.76$ sud;

Demi-diamètre de la lune avec son augmentation, $14' 53''.98$;

Temps de la conjonction $\pi \pi = 9^h 42' 26''.65 + 1,600 \Delta \beta$.

Il résulta pour le temps de l'immersion à *Vienne* :

Parallaxe de longitude de la lune $- 13' 31''.85$;

Latitude apparente de la lune, $5^o 57' 46''.11$ sud;

Demi-diamètre de la lune avec son accroissement, $14' 50''.40$;

Temps de la conjonction, $10^h 49' 40''.55 + 2,135 \Delta \beta$;

L'observation de *Prague* donna pour résultat :

Parallaxe de longitude de la lune $= - 11' 16''.52$;

Latitude apparente de la lune, $5^o 38' 26''.13$ sud;

Demi-diamètre de la lune, avec son augmentation, $14' 50''.50$;

Temps de la conjonction, $10^h 41' 52''.29 + 2,442 \Delta \beta$.

Il résulte de là :

Valence, à l'ouest de *Vienne* : $1^h 13' 13''.68 + 0,535 \Delta \beta$ ou

$11' 5''.68 + 0,535 \Delta \beta$ à l'ouest de Paris.

Valence à l'ouest de *Prague* : $59' 25''.64 + 0,842 \Delta \beta$

ou $11' 5''.64 + 0,842 \Delta \beta$ à l'ouest de Paris.

Pour découvrir l'erreur des Tables de la lune en latitude, je me servis de la méthode suivante :

La différence des méridiens entre Vienne et Prague a été fixée par des observations de plusieurs années, à $7^{\circ} 50'$; mais l'occultation la donne de $7^{\circ} 48',04 - 0'',309 \Delta \delta$. Ainsi, nous avons l'équation :

$$7^{\circ} 50',00 = 7^{\circ} 48',04 - 0,309 \Delta \delta.$$

d'où résulte $\Delta \delta = -6'',3$; et si nous faisons passer cette valeur de $\Delta \delta$ dans les équations précédentes, nous aurons la longitude de l'observatoire de *M. de la Puebla* (calle del Almirante) $= 11^{\circ} 0',3$, et celle de la cathédrale, $11^{\circ} 1',2$ à l'ouest.

La longitude de la cathédrale de *Valence* sera, par conséquent,

Par l'éclipse de soleil du 17 août 1805 $= 11^{\circ} 5',0$;

Par l'occultation du 17 juillet 1804 $= 11^{\circ} 1',2$.

Termes moyen, $11^{\circ} 2' 1 = 2^{\circ} 45' 51'',5$.

Différence de $3' 41''$ en arc du résultat donné par Tofiño.

Les observations géodésiques de *Méchain*, et les observations astronomiques de *M. de la Puebla* donnent pour la longitude de la cathédrale de *Valence*, en terme moyen, $11^{\circ} 0',6$ ou $2^{\circ} 45' 9''$. Cette longitude ne diffère que de $\frac{1}{4}$ secondes en temps de la longitude donnée trois ans plutôt pour le chronomètre de *M. de Humboldt*.

RUINES DE L'ANCIENNE SAGONTE. CHATEAU DE MORVIEDRO.

M. de Humboldt observa sur les ruines du temple de Diane, à 200 mètres au sud de l'amphithéâtre.

Détermination du temps.

Le 9 février 1799. Température, $17^{\circ},5$.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		DOUBLA HAUTEUR du bord supérieur DE SOLEIL.	MIDI ou CHRONOMÈTRE.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
11 ^h 54' 56"	0 ^h 41' 58"	71° 52' 0"	0 ^h 18' 17",0
11 ^h 59' 47"	0 ^h 36' 55"	71° 44' 36"	11",0
0 ^h 1' 41"	0 ^h 34' 52"	71° 49' 55"	6",5
0 ^h 3' 56"	0 ^h 32' 43"	71° 53' 5"	19",5
0 ^h 5' 22"	0 ^h 31' 5"	71° 55' 18"	15",5

Astronomie.

Terme moyen, sans la 3^e observation, $0^h 18' 15",2$
 Correction, — $13",5$
 Equation du temps, $14' 57",5$
 Accélération sur le temps moyen, $5' 24",4$

Détermination de latitude.

Le 9 février. Hauteurs du soleil près de la culmination.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR HAUTES de bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR du SOLEIL.	CORRECTION du baromètre et de déclinaison.	HAUTEUR de MÉRIDIEN.
$72^{\circ} 5' 35''$	$0^h 17' 43''$	$55^{\circ} 45' 25''$	$+ 0' 0",1$	$55^{\circ} 45' 25''$
$72^{\circ} 5' 45''$	$0^h 19' 36''$	$55^{\circ} 45' 50''$	$0' 5",5$	$55^{\circ} 45' 44",1$
$72^{\circ} 5' 10''$	$0^h 22' 25''$	$55^{\circ} 45' 15''$	$0' 51",7$	$55^{\circ} 45' 44",1$
$72^{\circ} 4' 10''$	$0^h 23' 58''$	$55^{\circ} 44' 45''$	$0' 52",7$	$55^{\circ} 45' 38",1$
$72^{\circ} 2' 45''$	$0^h 25' 50''$	$55^{\circ} 44' 0''$	$1' 55",4$	$55^{\circ} 45' 38",1$
$72^{\circ} 1' 55''$	$0^h 26' 52''$	$55^{\circ} 43' 25''$	$2' 14",7$	$55^{\circ} 45' 38",1$
$71^{\circ} 59' 50''$	$0^h 28' 22''$	$55^{\circ} 42' 35''$	$5' 5",5$	$55^{\circ} 45' 38",1$

Terme moyen, $55^{\circ} 45' 36",0$

Déclinaison australe du soleil, $14^{\circ} 53' 58",3$

Hauteur de l'équateur, $50^{\circ} 19' 34",3$

Hauteur du pôle, $59^{\circ} 40' 26''$ nord.

Longitude.

Morviedro, $10^{\circ} 34''$ à l'ouest de Paris = $2^{\circ} 38' 30''$.

Tofño, dans l'Atlas Marítimo, place Morviedro par $39^{\circ} 40' 40''$ de latitude et $2^{\circ} 36' 0''$ de longitude.

Lopez, dans sa carte de Valence, place Morviedro par $39^{\circ} 39'$ de latitude, et $16^{\circ} 22' 50''$ de longitude à l'est du Pic de Ténériffe, = $2^{\circ} 37' 10''$ ouest de Paris.

MADRID.

Hauteur moyenne du baromètre, $26^{\circ} 24''$

Température moyenne, 15° (12° R.)

Élévation au-dessus du niveau de la mer du Sud, $605,6$ mètres = $509,6$ toises.

Je n'ai pas vu l'original des observations astronomiques que M. de Hum-

boldt a faites à Madrid, dans le palais du duc d'Infantado, à $12^{\circ} 5'$ sud, et $1^{\circ} 8'$ en temps à l'ouest de la Plaza-Major. Je n'en connois que les résultats que je publie d'après une lettre de M. de Humboldt à M. Delambre, du 23 floréal an 7 (12 mai 1799).

Au commencement de mars, après un voyage d'un mois et demi, le chronomètre donna pour la longitude de Madrid, $24^{\circ} 34'$, ou pour la Plaza-Major, $24^{\circ} 32',2$ en temps à l'ouest de Paris.

M. de Humboldt détermina, par des hauteurs du soleil prises près de la culmination, la latitude de son observatoire. M. Chaux avoit calculé ces hauteurs, qui donnèrent les valeurs suivantes :

$40^{\circ} 25' 4''$	} Terme moyen, $40^{\circ} 24' 54''$
$24' 51''$	
$24' 55''$	
$25' 2''$	
$24' 40''$	Ajoutez, $+ 12''\frac{1}{2}$
	Plaza-Major, $40^{\circ} 25' 6''\frac{1}{2}$

Il est remarquable que M. de Humboldt écrit déjà alors à M. Delambre :
 • Un grand nombre d'autres observations me font présumer que la latitude de Madrid pourroit bien être un peu au-dessous de $40^{\circ} 25' 18''$. M. Chaux, dont Méchain vous a fait connoître la grande exactitude, dissipera bientôt ces doutes, le gouvernement lui ayant donné ordre de déterminer exactement la longitude et la latitude de cette capitale. •

En effet, depuis ce temps, M. Chaux a observé la latitude de Madrid avec un cercle de Borda, et a trouvé les résultats suivans :

Par 90 observations de α du verseau.	$40^{\circ} 25' 4''\frac{1}{2}$
120 observations de Fomahand. . .	$2''\frac{1}{2}$
100 observations de α de la balaine.	$4''\frac{1}{2}$
100 observations de Rigel.	$1''\frac{1}{2}$
80 observations de Sirius.	$2''\frac{1}{4}$
48 observations de Procyon. . . .	$2''\frac{1}{2}$
Terme moyen,	$40^{\circ} 25' 2''\frac{1}{2}$
Réduction sur la Plaza-Major,	$- 5''$
Latitude de la Plaza-Major,	$40^{\circ} 24' 57''\frac{1}{2}$ nord.

Résultat qui ne diffère que de $9''$ de celui qui a été donné par M. de Humboldt. On n'a pas lieu d'être surpris de cette légère différence, si l'on

* *Annales de Ciencias naturales de Cavanilles*, n. 12, Tomo quarto, p. 321.

considère que notre voyageur se servit d'un instrument de réflexion, qui ne répète pas les angles.

Toutes les longitudes observées en Espagne par M. de Humboldt se rapportant à celle de la capitale, il sera convenable d'essayer préalablement de déterminer avec la dernière exactitude la position de Madrid.

M. Triesneker a déjà examiné, avec un soin tout particulier, cette longitude, que Pingré avoit jugée être beaucoup trop petite. Par cinq observations, il la trouva de $24^{\circ} 9',3$ à l'ouest de Paris. Voici les résultats de ce calcul, auxquels nous en ajouterons encore d'autres trouvés depuis :

Par l'occultation de Jupiter du 28 juin 1792.	$24^{\circ} 7',0$
l'éclipse de soleil du 16 septembre 1792.	$11',0$
l'occultation de α du 31 octobre 1792.	$5',5$
l'éclipse de soleil du 24 juin 1797.	$17',2$
le passage du Mercure du 7 mai 1799. . .	$6',8$ Triesneker et Wurm.
l'éclipse de soleil du 17 août 1803. . . .	$18',8$ Méchain et Wurm.
l'éclipse de soleil du 11 février 1804. . .	$8',5$ Méchain et Wurm.
l'éclipse de soleil du 16 juin 1806. . . .	$7',5$ d'après mon calcul.
l'occultation de α du 30 mars 1801. . .	$10',5$ Wurm.

Terme moyen, $24^{\circ} 10',5$

Don Isidoro de Antillon donne pour la longitude du Real-Seminario de nobles de Madrid $6^{\circ} 2' 11'' = 24^{\circ} 8',7$ en temps, de Paris. Dans le premier volume de la seconde année des *Variedades de Ciencias*, la longitude de Madrid (Plaza-Major), calculée par les quatre observations indiquées ci-dessus, est de $24^{\circ} 11'' = 6^{\circ} 2' 45''$. Tofiño la fit même de $6^{\circ} 8' = 24^{\circ} 32''$ en temps.

Nous établissons la longitude géographique de la Plaza-Major de Madrid :

$$= 6^{\circ} 2' 30'' \text{ ou } 24^{\circ} 10''$$

La latitude $40^{\circ} 24' 58''$ nord.

Cette longitude ne diffère que de $2''$ en temps de celle que le chronomètre de M. de Humboldt avoit donnée, après un voyage de six semaines, pendant lequel cet instrument avoit été exposé à de fortes secousses.

ARANJUEZ.

Le 2 mai, M. de Humboldt chercha à fixer la position de ce château (*Sitio*

Analyse de la Caria de la America septentrional, etc., par Don Isidoro de Antillon, p. 31.

Real), qui est encore très-douteuse. La pluie interrompit long-temps les observations. Le temps vrai ne put être obtenu qu'à 6" ou 8" près. Dans ces contrées méridionales, le soleil atteint une trop grande élévation au méridien pour pouvoir être bien observé à l'aide d'un sextant. Il fallut se contenter pour la latitude de simples hauteurs du soleil. Voici les observations de *M. de Humboldt*:

2 mai. Température 17°.

Détermination du temps.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		DOUBLE HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	MIDI ou CHRONOMÈTRE.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
9 ^h 54' 58"	1 ^h 54' 55"	107° 49' 15"	11 ^h 54' 56",5
9 ^h 56' 45"	1 ^h 52' 24"	108° 28' 48"	35",5
9 ^h 58' 21"	1 ^h 50' 56"	108° 56' 58"	58",5
9 ^h 59' 34"	1 ^h 49' 42"	109° 20' 58"	58",0
10 ^h 1' 17"	1 ^h 47' 55"	109 ^h 52' 8"	56",0
10 ^h 5' 0"	1 ^h 44' 6"	111° 1' 8"	55",0
10 ^h 6' 55"	1 ^h 42' 28"	111° 52' 28"	41",5

Terme moyen, 11^h 54' 36",7

Correction, 2",1

Correction du midi, 11^h 54' 29",6

Temps moyen au vrai midi, 11^h 56' 44",0

Retard du chronomètre sur le temps moyen, 2' 14",4

Détermination de latitude.

Hauteurs solaires.

OBSERVATIONS.		RESULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	HAUTEUR DU PÔLE.
107° 21' 8"	9 ^h 59' 5"	54° 55' 55"	10 ^h 5' 57",8	40° 1' 16",1
109° 52' 8"	10 ^h 1' 7"	55° 1' 25",1	10 ^h 6' 40",8	0' 48"
111° 1' 8"	1 ^h 44' 6"	55° 45' 56"	1 ^h 49' 56",8	2' 41"
111° 52' 28"	1 ^h 42' 28"	56° 1' 57"	1 ^h 47' 58",8	1' 11"

Latitude, terme moyen, sans la 5^{me} observation, 40° 1' 5" nord.

Longitude.

Aranjuez, $23^{\circ} 20' 6''$ en temps à l'ouest de Paris = $5^{\circ} 50' 9''$.

Don Thomas Lopez, dans sa Carte de la province de Tolède, place Aranjuez par $12''$ en temps à l'est de Madrid et par $40^{\circ} 5\frac{1}{2}'$ de latitude.

M. *Megnié*, mécanicien justement célèbre, a été le premier qui ait déterminé la longitude de Madrid. Il observa à Aranjuez, conjointement avec *Don Pedro Giraldo*, le commencement de l'éclipse de soleil du 16 juin 1806 à $4^h 28' 33'' 6$ et la fin à $6^h 10' 6'' 6$ temps vrai.*

Quoique la latitude, l'un des élémens principaux du calcul parallaxique, ne soit pas exactement connue, j'ai hasardé l'essai de déduire de l'observation de M. *Megnié*, la longitude d'Aranjuez. Je pris, pour cet effet, des tables solaires et lunaires les données suivantes:

1806, 16 juin, $5^h 30'$ temps moyen à Paris,

Vraie longitude de la lune, $2^{\circ} 25' 21' 47'' 9$;

Vraie latitude nord de la lune, $15' 53'' 44$;

Parallaxe équatoriale de la lune, $60' 17'' 10$; et pour l'heure suivante $+ 1'' 07$;

Mouvement horaire de la lune en longitude, $56' 43'' 19$; et pour l'heure suivante $+ 0'' 66$;

Variation horaire de latitude de la lune $- 3' 24'' 52$ pour l'heure suivante, et $+ 3' 25'' 92$ pour l'heure précédente;

Demi-diamètre de la lune, $16' 27'' 20$; demi-diamètre du soleil, $15' 45'' 04$;

Parallaxe du soleil, $8'' 57$;

Longitude moyenne du soleil, $2^{\circ} 24' 16' 54'' 4$.

Un astronome distingué, *Don Felipe Bauza*, officier de la marine espagnole, observa à Madrid à $3''$ en temps à l'est de la Plaza-Major, le commencement de cette éclipse à $4^h 27' 49''$, la fin à $6^h 9' 8'' 5$ temps vrai. Je trouvai par-là:

	Commencement. $4^h 27' 55'' 5$	Fin. $6^h 9' 16'' 0$ temps moyen.
Différence des parallaxes de longitude.	$- 43' 53'' 20$	$- 47' 6'' 87$
Latitude apparente de la lune (sud).	$8' 51'' 28$	$22' 21'' 00$
Demi-diamètre de la lune, accru . . .	$16' 36'' 20$	$16' 51'' 63$
Temps de la conjonction.	$4^h 6' 11'' 5 + 0,50 \Delta \beta$	$4^h 6' 14'' 1 - 1,68 \Delta \beta$
De là, $\Delta \beta$ ou correction de latitude de la lune, $+ 1'' 2$;		

* Connaissance des temps pour l'an 1806, p. 493.

* Ibidem.

d'après une observation faite à Munich, + 1",8.

d'après une observation faite à Utrecht, + 1",1.

Ainsi, terme moyen + 1",4.

Après avoir établi, pour les temps de conjonction calculés sur Madrid, la valeur de $\Delta s = 1",4$, nous trouvons :

• par le commencement, $4^h 6' 12",2$

par la fin $4^h 6' 11",75$

En temps moyen, $4^h 6' 12",0$, et pour la Plaza-Major, $4^h 6' 9"$.

En adoptant la latitude d'Aranjuez $40^{\circ} 1' 0''$, je trouvai pour l'observation de M. Megnié :

	Commencement.	Fin.
	$4^h 26' 40",1$	$6^h 10' 14",1$ temps moyen.
Différence des parallaxes de longitude.	— $43' 51",34$	— $47' 22",45$
Latitude apparente de la lune (sud) . .	$8' 34",3$	$22' 7",82$
Demi-diamètre de la lune, accru . . .	$16' 31",54$	$16' 56",16$
Conjonction $\odot$ et Δ	$5^h 6' 32",8 + 0,50 \Delta s$	$4^h 6' 23",4 - 1,63 \Delta s$
Correction de la conjonction, par le commencement, $4^h 6' 53",5$;		
par la fin $4^h 6' 21",05$.		
Termes moyen	$4^h 6' 37",3$	

Aranjuez seroit donc de $18",3$ à l'est de Madrid; mais, selon les observations de M. de Humboldt, la différence des méridiens seroit $48",4$. Quoique les hauteurs correspondantes du soleil, comme je l'ai remarqué plus haut, aient été prises à Aranjuez dans des circonstances peu favorables, je regarde le dernier résultat comme le plus sûr, d'autant plus qu'en prenant la latitude d'Aranjuez au-dessus de $40^{\circ} 1'$, comme elle l'est probablement, le résultat de l'éclipse solaire se rapproche davantage de celui du chronomètre.

Lalande, en supposant la latitude d'Aranjuez de $40^{\circ} 0'$, trouva pour la longitude $24' 18''$.

* Connaissance des temps pour l'an 1808, p. 493.

LA COROGNE.

Le 26 mai 1799. Observatoire près de la douane.

Détermination du temps.

Hauteurs correspondantes du soleil.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE		HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	NIDI ou CHRONOMÈTRE.
AVANT NIDI.	APRÈS NIDI.		
10 ^h 7' 58"	2 ^h 16' 27"	112° 28' 58"	0 ^h 12' 2",5
10 ^h 9' 28"	2 ^h 14' 52"	113° 4' 8"	0",0
10 ^h 11' 29"	2 ^h 12' 59"	113° 41' 48"	4",0
10 ^h 15' 58"	2 ^h 9' 23"	114° 42' 48"	4",0

Termes moyen, 0^h 12' 2",62

Correction, — 4",21

Equation du temps, + 5' 25",0

Accélération sur le temps moyen, 15' 21",4

Longitude.

La Corogne, 43' 1",0 en temps = 10° 45' 15" à l'ouest de Paris.

Tofiño place la tour d'Hercule de la Corogne à 10° 36' 30" de Paris.

M. de Fleurieu trouva, en 1769, la longitude de la Corogne 10° 51' 29", résultat qu'il ne regarde lui-même que comme une simple approximation.

LE FERROL

Selon le plan que Tofiño a fait de ce port, il est à 40" en temps à l'est de la Corogne. Le centre de la ville de Ferrol est à 10' 20" = 41"; en temps à l'est de la tour d'Hercule à la Corogne.

Nous trouvâmes la longitude de la Corogne 43' 1",0. Celle de Ferrol seroit, par conséquent, 42' 21" en temps, ou 2° 35' 15" à l'ouest.

Triesneker trouva la longitude de Ferrol par l'occultation de π du 21 octobre 1793, 42' 11",0. Lalande, par la même occultation, 42' 20",0. Mé-

¹ Voyage fait par ordre du roi en 1766 et 1769; 1^{re} partie, p. 312 et 313.

² De Zach Geographische Ephemeriden, Band 1, p. 66.

³ Ephemerides astronomicae, auctore Triesneker, anni 1802, p. 38a.

chain, 42' 15",0. *Mazarredo*, par une suite d'éclipses des satellites de Jupiter, la fit 42' 27",0; *Ferrer*, par diverses observations, 42' 23",5.*

Le milieu entre ces cinq résultats est 42' 19",1, et ne diffère que de 1",9 du résultat présenté par *M. de Humboldt*.

CADIX.

La plupart des astronomes espagnols rapportant leurs longitudes à celle de Cadix, je crois devoir ajouter quelques observations sur la longitude de ce port et sur celle de l'observatoire de l'île de Léon.

M. Triesneker trouva pour Cadix les données suivantes, auxquelles nous avons encore ajouté quelques nouveaux résultats :

1773. Occultation de α , 1 ^{er} novembre. .	0 ^h 54' 51",8	
1774. Occultation de α , 14 avril. . . .	51",4	
γ , 24 septembre.	29",5	
α , 18 novembre.	50",5	
1775. γ , 7 mars.	51",0	
1789. δ , 5 novembre.	29",6	
1803. Eclipse de soleil, 16 août. . . .	51",4	Méchain et Wurm.
1804. Eclipse de soleil, 11 février. . .	14",3	Wurm.
α , 17 juillet.	28",5	Santa Clara.

Terme moyen, 0^h 54' 50",46, en excluant l'éclipse solaire du 11 février.

Or, l'observatoire de l'île de Léon, dans la baie de Cadix, est à 36° 27' 45" de latitude nord, et 21",5 en temps à l'est de l'ancien observatoire. On a trouvé cette différence par des opérations géométriques et par le moyen de signaux de feu instantanés. La longitude de l'observatoire de l'île de Léon seroit, par conséquent, 34' 9",0 en temps, ou 8° 32' 15" à l'ouest de Paris.

Mais *M. Don Juan Canelas*, directeur du nouvel observatoire, dans une lettre écrite à *M. le professeur Bode*, établit la longitude de l'île de Léon de 34' 8",5. *Borda* trouva celle de l'ancien observatoire de Cadix 34' 32".² *Tofiño* l'indique 34' 24". La longitude de l'observatoire de Léon est, selon *Don Rodrigo Armesto*, 34' 8",5.³

¹ De Zach *Geographische Ephemeriden*, II^e Band. p. 398.

² *Connaissance des temps*, XV, p. 179.

³ *Voyage fait par ordre du roi en 1771 et 1772*, p. 25.

⁴ *Almanac nautico de Cadix*, 1803, p. 173.

Nous établissons de la manière suivante la position de Cadix :

	Longitude.	à l'ouest de Paris.	Latitude.
Ancien observatoire de Cadix.	54° 50',5	8° 37' 37"	36° 32' 0" nord.
Nouvel observatoire de l'île de Léon. .	34° 9',0	8° 32' 15"	36° 27' 45" nord.

CARTHAGÈNE.

Je trouve pour la longitude de Carthagène les résultats suivants :

Latitude de l'observatoire de la marine, 37° 35' 40" nord ;

Une éclipse de soleil observée le 16 octobre 1781, à Carthagène, donna pour la longitude 13° 50',4. Une autre, du 11 février 1804, donna, d'après *Méchain* et *Wurm*, 13° 25',4.

L'occultation de π du 17 juillet 1804 présente, d'après le calcul de *Don Juan Santa Clara* et d'après le mien, 13° 29'. *Don Juan Tiscar* et *Gonzalez* trouvèrent, par l'occultation de α du 26 avril 1804, Carthagène à 20' 54" à l'est de l'observatoire de l'île de Léon, ou 13° 35',0 à l'ouest de Paris.

Le terme moyen entre ces quatre résultats, donne 13° 34',5 en temps à l'ouest de Paris.

A l'aide de quelques observations chronométriques, *Tofiño* détermina la différence des méridiens de l'ancien observatoire de Cadix et de celui de Carthagène à 21' 4" en temps. Mais l'amiral *Mazarredo*, qui mesura chronométriquement cette même différence de méridiens, trouva trop petit le résultat obtenu par *Tofiño*. Selon mes recherches, Cadix seroit à 20' 56",0 de Carthagène, et, abstraction faite de l'observation de la première éclipse solaire, qu'on auroit cependant tort de rejeter entièrement, Carthagène ne seroit que de 21' 1",5 en temps à l'est de Cadix. Il me semble donc que *Tofiño* n'a pas commis une bien grande erreur sur la position de ce point important, que je fixe de la manière suivante :

Latitude, 37° 35' 40" nord ;

Longitude, 13° 34',5 en temps, ou 3° 25' 37" à l'ouest de Paris.

Le dernier volume de la *Connaissance des temps* pour 1808, donne la longitude de 3° 20' 15". M. *Quenot* la réduit même à 3° 17' 30". C'est ce qui

* *Ephemerides astronomicae*, Vindob. Anni 1801, p. 328.

* De Zach, *Monatliche Correspondenz*, XII^e Band., p. 467.

* *Varietates de Circulo*, tom. 11^e, tome 1^{re}, p. 31, 33.

* *Connaissance des temps*, XV, p. 481.

il nous a fait présumer qu'une recherche plus exacte de la longitude de Carthagène ne seroit pas superflue.

Avant de quitter l'Espagne, nous présenterons dans un même tableau les points que M. de Humboldt a déterminés. Voici leur position géographique :

	LATITUDE NOB.	LONGITUDE	
		en temps.	en arc.
Barcelone.	41° 22' 58"	0 ^h 0' 58",5	0° 49' 54",5
Montserrat.		0° 1' 55",6	0° 28' 54",0
Col de Balaguet.	40° 58' 23"		
Venta de la Sienita.	40° 8' 34"	0 ^h 9' 6",3	2° 16' 54",5
Valence.	50° 28' 35"	0 ^h 11' 0",5	2° 45' 5"
Morviedro.	50° 40' 26"	0 ^h 10' 54"	2° 58' 50"
Aranjuez.	40° 1' 5"	0 ^h 23' 20",6	5° 50' 9"
La Corogne.		0 ^h 45' 1"	10° 45' 15"
Le Ferrol.	43° 29'	0 ^h 42' 21"	10° 55' 15"
Madrid (Plaza-Major).	40° 25' 6"	0 ^h 24' 10"	6° 2' 50"

ISLES CANARIES.

Sainte-Croix de Ténériffe.

Le 19 juin 1799, avant midi, M. de Humboldt prit sur la frégate le Pizarro, dans le parallèle du môle (28° 28' 30"), mais 15" en arc plus à l'est, plusieurs hauteurs du soleil qui devoient servir à la détermination de la longitude.

L'œil de l'observateur étoit à 15 pieds au-dessus du niveau de la mer.

OBSERVATIONS.		RESULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR du bord inférieur DE SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS TRAL.	ACCELERATION du CHRONOMÈTRE.
56° 15' 8"	8 ^h 45' 58"	56° 25' 48"	8 ^h 0' 17",5	0° 45' 40",5
56° 25' 11"	8 ^h 46' 34"	56° 35' 52"	8 ^h 0' 54",6	39",4
56° 35' 12"	8 ^h 47' 11"	56° 45' 53"	8 ^h 1' 40",8	50",2

Terme moyen, 0° 45' 50",7 — 0°, 178 44

Equation du temps, — 49",9

Accélération sur le temps moyen, 0^h 44' 48",8

Longitude.

Môle de Sainte-Croix de Ténériffe, $1^h 14' 12''$,³ ou $18^{\circ} 33' 5''$ à l'ouest de Paris. Cette longitude de Sainte-Croix, déterminée par M. de Humboldt, ne diffère de celle trouvée par Borda, que de $1' 45''$ en arc, mais de $2' 55''$ de celle qu'on a adoptée jusqu'à présent dans la Connaissance des temps: et presque partout ailleurs. Il paroît nécessaire d'examiner une position aussi importante pour les navigateurs.

Borda, muni de plusieurs chronomètres, détermina, en 1772, la position de Sainte-Croix. Il en trouva la latitude $28^{\circ} 28' 30''$ nord, et la longitude, à l'aide de trois chronomètres, $18^{\circ} 34' 48''$. Le premier de ces instrumens avoit donné $18^{\circ} 30' 14''$; le second, $18^{\circ} 36' 40''$; le troisième, $18^{\circ} 37' 30''$. L'observatoire de Borda étoit environ à $7''$ à l'ouest du môle, dont par conséquent la longitude seroit $18^{\circ} 34' 41''$. Dans la suite, ce savant astronome donna la préférence au résultat trouvé par Puységur. Il adopta pour Sainte-Croix la longitude de $18^{\circ} 36' 0''$.

Trois ans avant, Borda, Fleurieu et Pingré avoient fait des recherches sur la longitude de Sainte-Croix. Ils trouvèrent, par plusieurs opérations, les résultats suivans:

En 1796, $18^{\circ} 59' 8''$	} Voyage de Fleurieu, II ^e partie, p. 68.
$44' 50''$	
$50' 18''$	} Même ouvrage, p. 194.
$29' 48''$	
$58' 45''$	} Même ouvrage, p. 198.
$46' 18''$	
$28' 27''$	} Même ouvrage, p. 216.
$25' 55''$	
$46' 52''$	} Même ouvrage, p. 217.
$25' 35''$	
$41' 56''$	} Même ouvrage, p. 527.
$45' 37''$	

Le terme moyen entre les résultats de Fleurieu et de Pingré est de $18^{\circ} 36' 57''$.

La grande harmonie entre cette longitude et celle trouvée par Borda n'est cependant que l'effet du hasard. En considérant séparément les observa-

³ Voyage fait par ordre du roi, tom. I, p. 212, 380.

tions de *Borda* et celles de *Fleurieu*, on aperçut qu'elles ne sont pas de nature à établir une certitude de quelques secondes.

Le fameux navigateur *Cook* a jeté de nouveaux doutes sur la position de Sainte-Croix. Il prétend avoir trouvé la longitude de ce port, par le chronomètre, de $16^{\circ} 37' 10''$; par des distances de la lune, de $16^{\circ} 30'$ à l'ouest de Greenwich, ou de $18^{\circ} 57' 25''$ et $18^{\circ} 50' 25''$ à l'ouest de Paris¹. Mais *Don Dionisio Galiano* a prouvé dans l'excellent ouvrage espagnol qui porte le titre: *Viage al Magellanes*, que les longitudes trouvées par *Cook*, pour Sainte-Croix, pour le cap de Bonne-Espérance, pour le cap Finisterre et pour Ouessant, sont toutes de $14'$ jusqu'à $8'$, et de $13'$ jusqu'à $16'$ trop occidentales.

Vancouver trouva la longitude de Sainte-Croix $16^{\circ} 17' 5''$ de Greenwich, ou $18^{\circ} 37' 20''$ de Paris². *La Peyrouse* la fit $18^{\circ} 36' 30''$ de Paris³. *Sir Erasme Gower* prétend l'avoir trouvée, par ses chronomètres, de $16^{\circ} 26'$ ou $18^{\circ} 46' 15''$.

Quenot, dans son voyage aux Indes, fixa, en 1792, la longitude de Sainte-Croix $18^{\circ} 33' 36''$, à l'aide de deux chronomètres. Ce résultat est conforme, à $31''$ en arc près, à celui que j'ai calculé d'après les observations de *M. de Humboldt*.

L'exposé de ces résultats prouve suffisamment que la position de Sainte-Croix, si importante pour les navigateurs, n'est rien moins qu'exactement déterminée. Je ne me suis pas cru autorisé à modifier les résultats de *M. de Humboldt* par ceux des autres astronomes. J'ai d'autant moins pu admettre ces modifications, que les observations faites depuis n'ont point confirmé la longitude qui a été la plus généralement admise. L'amiral anglois *Sir Georges Keith Elphinstone*⁴, rapporte que, de ses deux chronomètres dont il loue singulièrement la marche, l'un avoit donné la vraie longitude de Sainte-Croix à 1° , l'autre à $3' 45''$ près, en arc, et cela, après un voyage de dix-huit jours. Mais quelle est cette vraie longitude? Nous savons, à la

¹ *Cooks, dritte Reise von Forster übersetzt*, p. 15.

² *Voyage de Vancouver*, t. I, p. 34.

³ *Voyage de La Peyrouse*, t. II, p. 16.

⁴ *Mæurtoeys Reise*, von Sprengel übersetzt, t. I, p. 99.

⁵ *De Zachs Monatliche Correspondenz*, t. XII, p. 328.

⁶ *Bode, Astronomisches Jahrbuch für 1798*, p. 239. A Description of the time-keeper, invented by M. Mudge, p. 62.

vérité, que les navigateurs anglois ont coutume de regarder une position comme exacte, lorsqu'elle est conforme aux *tables requisite to be used with the nautical Almanac*; mais l'amiral nous laisse encore en doute si ses chronomètres ont augmenté ou diminué ce qu'il appelle la vraie longitude, fixée dans les tables angloises par $1^h\ 24' 26''$. Les navigateurs russes, sous les ordres de M. de *Krusenstern*, ont aussi déterminé la position de Sainte-Croix. Ils avoient à bord six chronomètres anglois. Deux de ces instrumens, disent-ils, donèrent à-peu-près la longitude; les autres la donnèrent à 10' près en arc. Nous attendons des éclaircissemens ultérieurs sur cet objet important.

Je m'en tiens aux observations de M. de *Humboldt*, jusqu'à ce que d'autres navigateurs nous aient, comme lui, présenté le détail de leurs opérations. Je fixerai, par conséquent, la position géographique du môle de Sainte-Croix de Ténériffe comme il suit:

Latitude : $28^{\circ}\ 28'\ 30''$ nord, selon Borda;

Longitude : $1^h\ 14'\ 12'',5$ ou $18^{\circ}\ 55'\ 5''$ à l'ouest de Paris.

~~~~~

*Recherches sur la marche du chronomètre et sur les longitudes déterminées par le transport du temps.*

Nous avons remarqué plus haut que le chronomètre de M. de *Humboldt* retardoit à Barcelone d'une seconde par jour, sous l'influence d'une température de  $10^{\circ}$ , et l'instrument étant porté. A Madrid, au mois de mai, à  $17^{\circ},5$  de température, le retard diurne augmenta jusqu'à  $4'',4$ . La température de Valence, de la Sienita et de Morviedro ayant été de  $17^{\circ},5$ , je fixe à  $2''$ , en terme moyen, le retard diurne du chronomètre. C'est-là aussi le résultat auquel s'arrêtoit M. de *Humboldt*, résultat qui se fondeoit sur d'autres observations qui n'ont point été conservées.

En déterminant les longitudes de Barcelone et de Valence, je n'ai pas pu faire un nouvel examen de la marche de l'horloge. Je passe aux positions suivantes, indiquées dans les journaux de notre voyageur:

*Montserrat.*

Le 15 janvier 1799. Retard de l'horloge à midi à Barcelone. .  $5' 46'',5$   
pour 5 jours, à  $2'',0$ . .  $11'',0$

\* De Zach, *Monatliche Correspondenz*, t. IX, p. 59.

|                                                                   |          |        |
|-------------------------------------------------------------------|----------|--------|
| Ainsi, le 20 janvier, à 10 $\frac{1}{2}$ h., à Barcelone. . . . . | 5' 57",5 |        |
| Pour ce même temps à Montserrat. . . . .                          | 4' 50",0 |        |
| Montserrat distant de Barcelone. . . . .                          | 1' 27",5 | ouest. |
| Barcelone à l'ouest de Paris. . . . .                             | 38",3    |        |
| Longitude de Montserrat. . . . .                                  | 2' 5",8  |        |

Après le retour à Barcelone :

|                                                                       |          |
|-----------------------------------------------------------------------|----------|
| Le 20 janvier. Retard du chronomètre à 10 $\frac{1}{2}$ h. du soir, à |          |
| Montserrat. . . . .                                                   | 4' 50",0 |
| Retard pour 5 jours 15,5 heures. . . . .                              | 11",1    |
| Ainsi, le 26, à Montserrat. . . . .                                   | 4' 41",1 |
| Trouvé pour ce temps à Barcelone. . . . .                             | 5' 48",2 |
| Montserrat à l'ouest de Barcelone. . . . .                            | 1' 7",1  |
| Barcelone à l'ouest de Paris. . . . .                                 | 38",3    |
| Montserrat à l'ouest de Paris. . . . .                                | 1' 45",4 |

Le terme moyen entre ces deux résultats seroit . . . . . 1' 55",6.

Je crois donc devoir m'arrêter à ce terme. La différence des résultats ne semble cependant provenir que de l'incertitude que laisse la détermination du temps du 26 janvier à Barcelone.

#### *Venta de la Sanieta.*

|                                                                                             |                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Le 2 février, à 8 $\frac{1}{2}$ heures du soir, le chronomètre avançoit à la Sanieta sur le |                        |
| temps moyen, de . . . . .                                                                   | 2' 4",6                |
| Réduction au midi, le 15 janvier, à 2" par jour, pour                                       |                        |
| 18 jours 9 heures. . . . .                                                                  | 36",8                  |
| Par conséquent, pour midi à la Sanieta. . . . .                                             | 2' 41",4 accélération. |
| pour le même temps à Barcelone . . . . .                                                    | 5' 46",5 retard.       |
| La Sanieta à l'ouest de Barcelone. . . . .                                                  | 8' 27",9               |
| La Sanieta à l'ouest de Paris . . . . .                                                     | 9' 6",0                |

#### *Valence.*

|                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| Retard de l'horloge, le 15 janvier, à midi, à Barcelone . . . . . | 5' 46",5  |
| Retard pour 22 jours, à 2". . . . .                               | 44",0     |
| Par conséquent retard, le 6 février, à Barcelone. . . . .         | 6' 30",5  |
| Accélération, le 6 février, à Valence. . . . .                    | 5' 56",8  |
| Valence à l'ouest de Barcelone. . . . .                           | 10' 27",3 |
| Valence à l'ouest de Paris. . . . .                               | 11' 5",6  |

*Ruines de Sagonte.*

|                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Retard de l'horloge, le 15 janvier, à midi, à Barcelone.</i> | 5' 46",5  |
| <i>Pour 25 jours, à 2",0.</i>                                   | 50",0     |
| <i>Retard le 9 février.</i>                                     | 6' 36",5  |
| <i>Accélération, le 9, à midi, à Sagonte.</i>                   | 3' 24",4  |
| <i>Sagonte à l'ouest de Barcelone.</i>                          | 10' 0",9  |
| <i>Sagonte ou Murviedro à l'ouest de Paris.</i>                 | 10' 59",2 |
| <i>Murviedro de Valence.</i>                                    | 26",4     |
| <i>Valence de Paris.</i>                                        | 11' 0",6  |

selon Méchain et M. de la Puebla.

Par conséquent, Murviedro, 10' 34",2, longitude presque identique avec celle qui a été indiquée ci-dessus.

~~~~~  
Déterminations chronométriques de longitude, rapportées au méridien de Madrid.

M. *Chair* donna, le 8 mai, à M. *de Humboldt*, le temps vrai de son observatoire, situé à 1" de temps à l'est de la Plaza-Major, et par conséquent à 24' 9" à l'ouest de l'Observatoire de Paris. *Le chronomètre fut à midi en retard de 1' 58",4 sur le temps moyen; son mouvement diurne fut de 4",4, c'est-à-dire, chaque jour de 4",4 en retard sur le temps moyen dans un état de repos. On compara journellement le chronomètre avec une belle horloge à pendule de Janvier, dont la marche étoit vérifiée par des hauteurs correspondantes du soleil.*

Madrid.

Don *Gonzalez Ortiz*, capitaine de frégate de la marine espagnole, dans un mémoire intéressant envoyé, le 18 avril 1807, au bureau des longitudes, tâche de prouver que la Plaza-Major de Madrid est située par 0^h 24' 12",3 de longitude; l'observatoire du *Nuevo Deposito hidrografico* (Calle de Alcalá, N.º 6.) est de 13",5 plus boréal et de 0^h 0' 2",3 plus oriental que le centre de la Plaza-Major. Déjà le général Massaredo avoit trouvé, par des occultations des satellites de Jupiter, 0^h 24' 27", et par l'observation plus exacte de l'occultation d'Aldebaran (le 14 septembre 1794), 0^h 24' 8". Ce mémoire paroitra dans la Connoissance des Temps de l'année 1810.

La Corogne.

Le 8 mai 1799, retard de l'horloge à midi à Madrid. . . .	1' 58",4
5 jours en état de repos, à 4",4 par jour.	22",0
15 jours en route, à 5",4.	1' 10",2
Retard, le 26 mai, à Madrid.	5' 50",6
Accélération, le 26 mai, à la Corogne.	15' 21",4
Ainsi, la Corogne à l'ouest de Madrid.	18' 52",0
<i>La Corogne, à l'ouest de Paris.</i>	49' 1",0

Sainte-Croix de Ténériffe.

Le 8 mai 1799, retard de l'horloge, à midi, à Madrid. . . .	1' 58",4
15 jours, à 5",4 = 1' 10",2.	
28 jours 20 heures, à 4",4 = 2' 6",9.	5' 17",1
Le 19 juin, à 8 heures avant midi, retard à Madrid. . . .	5' 15",5
Pour ce même temps, accélération à Sainte-Croix. . . .	44' 46",8
Ainsi, Sainte-Croix à l'ouest de Madrid.	50' 2",5
Sainte-Croix à l'ouest de Paris.	1 ^h 14' 11",5
La frégate étoit placée à 15° en arc à l'est du môle; par conséquent, longitude du môle de Sainte-Croix. . . .	1 ^h 14' 12",5

LIVRE SECOND.

ISLES VOISINES DE LA CÔTE DE CUMANA. NOUVELLE ANDALOUSIE.

M. DE HUMBOLDT, après avoir atterri, le 13 juillet 1799, sur le cap est de Tabago, fixa la longitude de ce cap comme celle de la côte de Paria et de l'île Coche. Mouillé, le 16 juillet, au port de *Cumana*, il détermina la position géographique de ce point, par la réunion de plusieurs moyens astronomiques, par le chronomètre de Louis Berthoud, par des distances de la lune, par une éclipse de soleil, par une suite d'occultations des satellites de Jupiter, et par des hauteurs du soleil et des étoiles. Occupé, jusqu'au milieu de novembre, d'observations physiques, il chercha en même temps à constater la marche de son chronomètre. Du 4 au 23 septembre, il fit une excursion dans *l'intérieur de la Nouvelle-Andalousie*, et sur les hautes cordelières de Tumiriquiri, du Cocollar et de Guanaguana. Il fixa, pendant cette tournée, les positions géographiques de S. Fernando, du Cocollar, du convent des Capucins, situé dans la belle vallée de Caripé, et de quelques autres endroits voisins. De retour de ce voyage intéressant, il s'embarqua, le 18 novembre, à *Cumana*, se portant par la *Guaira* à *Caraccas*, pour pénétrer jusqu'à l'Orenoque et dans l'intérieur de la Guyane.

TABAGO. LA TRINITÉ. BOUCHE DU DRAGON. CAP DES TROIS POINTES.

Le 12 juillet, l'estime différoit de 1° 12' de la longitude que M. de Humboldt avoit trouvée par son chronomètre. Les pilotes se croyoient de vingt-quatre lieues marines plus éloignés de la côte qu'ils ne l'étoient en effet. Le 13 juillet décida en faveur du chronomètre. On aperçut, à six heures du matin, un pays montueux, que l'on prit d'abord fausement pour l'île de la Trinité. L'estime, qui ne se fonde que sur le loch, plaçoit la frégate par les 10° 52' de latitude. Les hauteurs du soleil donnèrent à M. de Humboldt 11° 1', tant avoit été grande la force des courans vers le Nord. Notre

voyageur observa le midi à la côte orientale de *Tabago*, dont il étoit éloigné de 2'. Je trouvai, dit-il dans son manuscrit, par plusieurs relèvemens faits avec la boussole, et à l'aide de mon chronomètre, la position du cap Nord-Est de *Tabago*, près des petites îles de Saint-Gilles ou de Melville, par $10^{\circ} 20' 13''$ de latitude, et par $62^{\circ} 47' 30''$ de longitude. Cette position est presque d'accord avec celle que Don Cosme Churruca assigne au cap Nord-Est. Il est remarquable que M. de Humboldt, dès son arrivée en Amérique, trouva ses longitudes un peu plus orientales que les deux navigateurs espagnols, MM. *Churruca* et *Fidalgo*. Nous reviendrons, dans la suite, sur cette différence qui se manifeste aussi dans la position de Cumana. La longitude du cap nord-est de *Tabago* est indiquée, par d'autres géographes, de la manière suivante :

	Latitude.	Longitude.
Bonne, dans son Atlas pour l'ouvrage de Raynal.	$11^{\circ} 19' 0''$	$62^{\circ} 31' 0''$
Carte réduite du dépôt de la marine française, corrigée en 1792.	$11^{\circ} 14' 0''$	$62^{\circ} 47' 0''$
Jefferys.	$11^{\circ} 29'$	$62^{\circ} 28'$
Carte des Indes occidentales d'Arrowsmith, 1803.	$11^{\circ} 13' 0''$	$62^{\circ} 53' 15''$
Churruca, (résultat de l'expédition royale).	$11^{\circ} 19'$	$62^{\circ} 52' 30''$

La Pointe des Sables de *Tabago* est un autre cap important pour les navigateurs qui passent le canal entre *Tabago* et la *Trinité*. Sa position est :

	Latitude.	Longitude.
selon Chabert.	$11^{\circ} 11'$	$63^{\circ} 19' 0''$
Jefferys.	$11^{\circ} 11'$	$62^{\circ} 53' 47''$
Churruca.	$11^{\circ} 7'$	$63^{\circ} 13' 30''$
Arrowsmith, 1803.	$10^{\circ} 56'$	$63^{\circ} 13' 15''$

On se fait avec peine à l'idée que l'excellente carte d'Arrowsmith, publiée en 1803, présente des erreurs de 6' à 11' en latitude pour les îles de *Tabago* et de la *Trinité*. Il est cependant bien avéré par les observations de M. de Humboldt que l'erreur est du côté de la carte anglaise.

Le 14 juillet on prit, sous $11^{\circ} 1'$ de latitude, quelques hauteurs du soleil pour calculer le temps, et pour connoître par ce moyen la longitude de la frégate.

OBSERVATIONS.		RESULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR du bord inférieur du SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMETRE.	HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	ACCELERATION.
52° 12' 8"	1 ^h 21' 52"	52° 23' 27"	9 ^h 29' 8",7	3 ^h 52' 45",5
52° 27' 48"	1 ^h 22' 59"	52° 39' 7"	9 ^h 30' 17",3	41",7
52° 36' 8"	1 ^h 23' 41"	52° 47' 26"	9 ^h 30' 53",8	47",2

Terme moyen, 3^h 52' 44",1

Equation du temps, — 5' 24",6

Accélération sur le temps moyen, 3^h 47' 19",5

Ces données fixent la longitude de la frégate, comme nous le montrerons plus bas, 4^h 18' 44",4 ou 64° 41' 5".

Ces mêmes hauteurs du soleil ont servi de base à la longitude que M. de Humboldt admet pour la *Bouche du Dragon* et le *cap des Trois-Pointes*. Le détail des relèvemens manque dans le manuscrit, ce qui m'engage à appliquer, à la longitude de la *Bouche du Dragon* et à celle du *cap des Trois-Pointes*, la même correction que j'avois trouvée pour la frégate, le 14 juillet.

Or, cette longitude de la frégate étoit,

Selon M. de Humboldt.	64° 51' 30"
D'après mon calcul.	64° 41' 5"
Correction.	+ 9' 35"

La différence des deux résultats provient de ce que M. de Humboldt calculoit sur mer d'après une latitude supposée, tandis que je fonde mon calcul sur une observation réelle.

M. de Humboldt trouva la longitude de la *Bouche du Dragon*, c'est-à-dire, de l'île la plus voisine, du côté de l'ouest, du promontoire de Paria. 64° 23'

Correction. + 9' 35"

Bouche du Dragon. 64° 32' 35"

M. de Humboldt place le *cap des Trois-Pointes* par la longitude de. 64° 54' 30"

* Las Bocas de Dragos. Cabo de tres Puntas.

Ajoutez + 9' 35"

Longitude du Cap corrigée. = 65° 4' 5"

position presque identique avec celle qui a été communiquée par M. *Fidalgo*.

Selon *Faden* (1802), la longitude de la *Pointe de Manzanilla*, dans la Bouche du Dragon, est 64° 10' 47"; selon les opérations fort exactes de M. *Fidalgo*, elle est 64° 14' 30" (*Carta de las Antillas*, 1802).

M. de Humboldt lui-même regarde comme incertain le résultat qu'il a donné pour la Bouche du Dragon. Il observe tout exprès que les relèvements ont été faits dans un grand éloignement, et que peut-être on a méconnu la physionomie de la côte. La carte réduite française de 1792, place la Bouche du Dragon par la longitude de 63° 50'. *Barre*, dans son *Marinero instruido*, par 65° 30'.

Les excellentes cartes du Deposito hidrografico de Madrid fixent le cap des Trois-Pointes par 56° 27' 30" de Cadix, ou 65° 5' 8' de Paris. La carte réduite ne lui donne que 64° 40'. Cette carte, corrigée en 1792, est très-fausse depuis le cap des Trois-Pointes; car, près de ce cap, la côte s'étend à 15 milles plus au nord que la carte ne l'indique, errneur qui mettroit le navigateur en danger, si heureusement la côte n'étoit pas élevée et la mer fort tranquille en ces parages. Une carte manuscrite, que l'on paye quelquefois cent francs à la Havane, et qui a été dressée sous les auspices du général *Don Josef Solano*, donne pour la longitude de la Bouche du Dragon, 64° 13', pour celle du cap des Trois-Pointes, 53° 15'.

Les manuscrits de M. de Humboldt présentent l'observation suivante :

- La position de la Punta de la Galera et celle du cap-est de Tabago sont
- deux objets de la plus haute importance pour le navigateur. Tous les
- vaisseaux d'Europe qui font voile pour les Iles-sous-le-Vent ou pour les
- ports du continent de l'Amérique méridionale, doivent passer par le ca-
- nal qui sépare la Trinité de Tabago. Ces deux îles sont la première terre
- d'Amérique qui se présente au navigateur. Le pilote ne doit pas se trom-
- per à leur vue. Prend-il la Trinité pour Tabago, se dirige-t-il au Sud pour
- doubler ce qu'il croit être la pointe des sables, alors il risque de payer
- cher son erreur. Il entre dans les Bouches du Dragon où l'Orenoque verse
- ses eaux avec impétuosité dans l'Océan. Le risque devient d'autant plus
- grand, que la plupart des vaisseaux qui arrivent d'Europe, et qui ne con-
- noissent leur longitude que par le loch, sont incertains sur leur position.

Les courans, qui se font sentir surtout depuis les 42° de longitude, causent des erreurs très-graves. La longueur de la navigation fait monter cette erreur jusqu'à 3 ou 4°, si le bâtiment n'aborde pas à Ténériffe ou s'il passe sans voir de loin le Pic de Teyde, qui est enveloppé dans les nuages pendant une grande partie de l'année. Alors on aperçoit la terre deux jours plutôt qu'on ne s'y attend; on la voit à peine, que déjà la force du courant mène le vaisseau tout près de cette côte, dont on ignore le gisement. Les énormes pluies qui, depuis le mois de juin jusqu'au mois de décembre, tombent sur les côtes du Paria, rendent souvent le soleil invisible pendant trois ou quatre jours. Plus on approche de l'Amérique méridionale, et plus on est incertain de la latitude. C'est pour cela que tant de pilotes qui ne connoissent pas la physionomie des côtes, ignorent s'ils se trouvent vis-à-vis la Trinité, Tabago ou Grenade. Dans cette position critique, les cartes devoient présenter des secours à ceux qui sont sûrs de leur point, soit par des distances prises de la lune au soleil et aux étoiles, soit par le moyen des chronomètres. Mais ces mêmes cartes, exactes souvent pour des parages qui sont le moins visités ou d'un abord facile, contribuent à compliquer le problème que l'on cherche à résoudre. Les plus anciennes, par exemple la carte réduite des parties connues du globe, publiée en 1755, la carte du golfe du Mexique, dressée par ordre du duc de Praslin, etc., placent Tabago à l'est de la Trinité*. Mais la *Cruz Omedilla* et les nouvelles cartes françoises, par exemple celle de l'Océan Atlantique, dressée en 1786 et corrigée en 1792 (carte dont l'usage est répandu parmi les marins de toutes les nations), placent Tabago à l'ouest de la Punta Galera de la Trinité. Cette dernière carte donne à l'île de la Trinité une figure très-allongée, tandis que l'ancienne figure carrée, indiquée dans l'atlas que M. Bonne a dressé pour les Recherches philosophiques de Raynal, et dans la carte du golfe du Mexique, publiée par ordre du duc de Praslin, se rapproche beaucoup plus de la vérité. On doit s'étonner de voir que des positions aussi intéressantes aient pu rester douteuses jusqu'à nos jours. On a ignoré long-temps si, en venant d'Europe, on atterrit plutôt sur Tabago que sur la Trinité. Des centaines de vaisseaux passent annuellement le canal entre ces deux îles, et cependant la

* Cette position se trouve indiquée sur l'ancienne carte de Diego Ribera, dressée en 1539, carte que l'on peut regarder comme un des monumens géographiques les plus précieux.

• largeur de ce canal même est devenue l'objet d'une discussion géographique. M. Bonne a corrigé la grande carte espagnole de la *Cruz*, publiée en 1775, en donnant à ce canal 9 lieues, au lieu de 4 1/2. En effet, le géographe françois ne s'est pas trompé, car il est reconnu aujourd'hui que le « canal a dix lieues de large. »

Il n'y a rien de plus frappant que les différentes formes qu'on a données, en divers tems, aux îles de la Trinité et de Tabago. La première ayant, à-peu-près, celle d'un carré régulier, il suffira de fixer la latitude de quatre caps placés aux extrémités. Deux géographes anglois, *Arrowsmith* et *Faden*, diffèrent de 15' à 16' pour la latitude de la pointe d'Icaco et pour celle du cap Nord-est. Cependant la carte d'*Arrowsmith* a été publiée un an après le plan de *Faden*, fondé sans doute sur les excellentes observations de *Churruca* et de *Fidalgo*. Selon *Arrowsmith*, la côte septentrionale de la Trinité court du nord-est au sud-ouest. La différence de latitudes entre les deux caps Nord, est de 14', tandis que, dans la réalité, elle n'est que de 9'. La carte de la Cruz est, en général, assez exacte pour la Trinité. Il faut en excepter la pointe sud-est, le cap de la Galéota, faussement nommée *Punta de la Galera*, et que la Cruz fait de 24' trop australe. Tous ces doutes ont été levés par la belle carte du *Deposito hidrografico* de Madrid, publiée en 1802.

LA TRINITÉ.	Selon			
	La Cruz,	Faden, 1802.	Arrowsmith, 1803.	Churruca et Fidalgo, 1802.
Punta de la Galera.	10° 50'	10° 51'	10° 41'	10° 51'
Cap Nord-Ouest. . .	10° 40'	10° 43'	10° 37'	10° 42'
Pointe Icaco. . .	10° 5'	10° 5'	9° 48'	10° 5'
Pointe Galeota. . .	9° 45'	10° 10'	10° 0'	10° 9'
TABAGO.				
Cap Nord.	11° 50'		11° 13'	11° 30'
Cap Sud.	11° 4'		10° 50'	11° 6'

COCHE.

La position des petites îles de *Coche*, de *Cuagua* ou *Cubagua*, et de *Lobos*, est importante, à cause du canal étroit qui se trouve entre la Marguerite et le continent, canal par lequel doivent passer les vaisseaux des-

tinés à Cumana, à Barcelone et à la Guayra. La frégate étant à l'ancre à 5' en arc au sud de Coche, et dans le méridien du *cap oriental*, M. de Humboldt en détermina la longitude.

Latitude de la frégate, $10^{\circ} 45' 30''$. Élévation du soleil au-dessus de la mer, 5 mètres.

Le 15 juillet 1799. Avant midi.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR du bord inférieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VRAIE HAUTEUR du soleil.	TEMPS VRAI.	ACCELERATION.
66° 59' 8"	2 ^h 34' 59"	67° 10' 40"	10 ^h 35' 57",4	3 ^h 58' 41",6
67° 14' 8"	2 ^h 35' 59"	67° 25' 41"	10 ^h 37' 8",5	50",5

Terme moyen, 3^h 58' 46",0

Equation du temps, — 3' 31",2

Accélération sur le temps moyen, 3^h 55' 14",8

Longitude de la frégate, et par conséquent longitude du *cap Est de l'île de Coche*, dans le méridien duquel se faisoit l'observation, = $4^{\text{h}} 24' 47",5$ ou $66^{\circ} 11' 53''$.

D'après la carte publiée en 1802 par le *Deposito hidrografico*, M. Fidalgo plaça ce cap par $57^{\circ} 41'$ de longitude à l'ouest de Cadix, ou $66^{\circ} 11' 53''$ de Paris. A Carthagène des Indes, ce navigateur communiqua la note suivante à M. de Humboldt:

« Le cap oriental de l'île de Coche est à $2^{\circ} 24' 25''$ à l'ouest du premier « méridien de la Trinité. Cumana est de $2^{\circ} 41' 9''$ à l'ouest du même « dien. Le cap oriental de l'île de Coche est donc de $16' 44''$ à l'est de « Cumana. » Les observations de M. de Humboldt me donnèrent, comme on le verra plus bas, $19' 15''$, harmonie dont on peut être satisfait, si l'on considère que le relèvement n'a pu se faire que dans un grand éloignement, et que le cap étoit très-bas.

La carte réduite de 1792 ne présente qu'une seule île dans le canal entre la terre ferme et la Marguerite, par $10^{\circ} 46'$ de latitude nord et $65^{\circ} 38'$ de longitude. Dans la réalité, il en existe deux, l'île de *Coche*, et, un peu plus à l'ouest, celle de *Cuagua*. En général, dans la carte française, depuis le

cap des Trois-Pointes, tous les objets sont placés dans une longitude *trop orientale*. La pointe où la frégate étoit à l'ancre se trouvoit sur cette carte entre les îles de la Marguerite et de Tortuga, par conséquent au-delà du cap occidental de l'île de la Marguerite, et cependant M. de Humboldt, bien loin d'avoir passé ce cap, vit l'île même se prolonger à perte de vue vers l'ouest. Tant étoit encore imparfaite, en 1799, la connoissance que les Européens avoient acquise d'un canal fréquenté depuis trois siècles.

CABO MACANAO.

La *Marguerite* est une île grande et stérile. Dans cette partie de la Terre-Ferme, elle est, après Cubagua, la première terre dans laquelle des colons espagnols se sont établis. Elle présente deux groupes de montagnes réunies par un isthme étroit. Le groupe oriental porte le nom de *Valle de San-Juan*, le groupe occidental, celui de *Macanao*. Vues de loin, on les prendroit pour deux îles distinctes.

Le 15 juillet après midi, la frégate se trouvant par $10^{\circ} 45'$ de latitude nord, et 23° $\frac{1}{2}$ en temps à l'est de la pointe occidentale la plus avancée du cap, M. de Humboldt fit les observations suivantes:

Élévation de l'œil au-dessus du niveau de la mer, $4^{\text{m}} 8$.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR du bord inférieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VAIE HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	ACCELERATION.
$41^{\circ} 24' 8''$	$7^{\text{h}} 18' 17''$	$41^{\circ} 55' 12''$	$3^{\text{h}} 17' 26^{\text{s}},1$	$4^{\circ} 0' 50^{\text{s}},9$
$41^{\circ} 15' 58''$	$7^{\text{h}} 19' 4''$	$41^{\circ} 24' 42''$	$3^{\text{h}} 18' 11^{\text{s}},4$	$52^{\text{s}},6$
$40^{\circ} 57' 38''$	$7^{\text{h}} 19' 58''$	$41^{\circ} 8' 41''$	$3^{\text{h}} 19' 20^{\text{s}},4$	$37^{\text{s}},6$
		Terme moyen,	$4^{\text{h}} 0' 47^{\text{s}},0$	
		Equation de temps,	$- 5' 52^{\text{s}},5$	
		Accélération sur le temps moyen,	$5^{\text{h}} 55' 14^{\text{s}},7$	

Longitude.

Longitude de la frégate, $= 4^{\text{h}} 26' 44^{\text{s}},9$. Par conséquent longitude de la pointe occidentale la plus avancée du cap de Macanao, $4^{\text{h}} 27' 8^{\text{s}},2 = 66^{\circ} 47' 3''$.

Astronomie.

M. Fidalgo trouva le pic occidental de *Macanao*, 2° 49' 58" du premier méridien de Puerto España de la Trinité.

La carte du *Deposito hidrografico* le place par la longitude de 66° 48' 38". Le cap occidental de Macanao est à 14' en arc à l'ouest du méridien de Cumana, tandis que la grande carte d'Arrowsmith le fixe faussement à 6' à l'est de ce même méridien.

CUMANA.

Cumana, capitale de la Nouvelle-Andalousie, fondée l'an 1521, est devenue une place importante pour le commerce. Cependant le nom de *Cumana* ne se trouve point encore sur la grande carte espagnole du golfe du Mexique, dressée par *Don Jose de S. Martin Suarès*, sur la réunion de tous les matériaux que le général *Solano* put recueillir à la Havane. Malheureusement les pilotes ont, pendant long-temps, regardé cette carte comme l'ouvrage hydrographique le plus parfait, quoiqu'elle fourmille des fantes les plus grossières. Il est plus surprenant encore que, sur la grande carte de l'Amérique, publiée par Arrowsmith en 1804, on ne trouve ni le nom de Cumana, ni ceux de Guayra et de Caraccas.

Latitude.

Le 24 octobre 1799, M. de Humboldt, au moyen du petit quart de cercle de Bird, chercha à vérifier la latitude de Cumana. Voici ses observations :

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VAIR HAUTEUR du SOLEIL.	DISTANCE du MÉRIDIEN.	LATITUDE.
67° 28' 10"	3h 2' 11"	67° 11' 47"	— 4° 23' 22"	10h 27' 42" $\frac{1}{2}$
67° 33' 55"	3h 4' 16"	67° 17' 12"	— 5° 51' 8"	27' 58" $\frac{1}{2}$
67° 37' 10"	3h 5' 45"	67° 21' 7"	— 5° 28' 52"	27' 27" $\frac{1}{2}$
67° 48' 15"	3h 26' 36"	67° 52' 12"	+ 1° 43' 52"	28' 8" $\frac{1}{2}$

Terme moyen, 10° 27' 44" $\frac{1}{2}$ nord.

Le 25 octobre la hauteur du bord supérieur du soleil dans le méridien

* *Historia Corographica de la Nueva-Andalucia por el Padre Culin*, 1775, p. 126.

fut mesurée avec le quart du cercle de Bird, $67^{\circ} 31' 50''$. De là résulte pour la vraie hauteur centrale, $67^{\circ} 15' 26''$, et pour la latitude, $10^{\circ} 28' 8''$.

Le 11 septembre 1800, M. de Humboldt, de retour de la Rivière-Noire et de l'Orénoque, prit à Cumana, avec le sextant de Ramsden, trois hauteurs de Fomalhaut, l'astre se trouvant près de son passage par le méridien. Sa position apparente étoit $22^{\text{h}} 46' 37'',2$ en ascension droite, et $30^{\circ} 40'.24''$ en déclinaison australe. Culmination à $12^{\text{h}} 53' 17''$ du chronomètre.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VRAIE HAUTEUR.	CORRECTION de la HAUTEUR.	HAUTEUR du MÉRIDIEN.
97° 44' 7"	12h 50' 18"	48° 51' 24"	+ 22".8	48° 51' 47"
97° 45' 7"	12h 53' 6"	48° 51' 54"	0".1	54"
97° 42' 47"	12h 56' 14"	48° 50' 44"	21".9	6"

Terme moyen, $48^{\circ} 51' 35''.7$

Déclinaison australe, $50^{\circ} 40' 24''.2$

Hauteur équatoriale, $79^{\circ} 31' 59''.9$

Latitude, $10^{\circ} 28' 0''$ nord.

Par les deux premières observations, $10^{\circ} 27' 45''$

Nous avons pour la latitude de Cumana, par les observations

du 24 octobre.	$10^{\circ} 27' 44''.\frac{1}{2}$
25 octobre.	$10^{\circ} 28' 8''$
11 septembre 1800. . .	$10^{\circ} 27' 45''$
Terme moyen, $10^{\circ} 27' 52''.\frac{1}{4}$	

Ces trois observations sont annoncées, dans le manuscrit, comme faites en des circonstances assez favorables. L'expédition royale de M. Fidalgo ayant été munie de quarts de cercle de Ramsden de trois pieds de rayon, M. de Humboldt regarda la latitude donnée par les astronomes espagnols comme exacte. C'est par ce motif qu'il ne fit que peu de recherches sur la latitude de Cumana. La longitude de ce port lui parut d'autant plus digne d'être examinée par la réunion de plusieurs moyens astronomiques.

Détermination du temps.

Le 28 juillet 1799, après midi. Hauteurs simples du soleil, prises au quart de cercle de Bird.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR du bord supérieur du soleil.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR du soleil.	TEMPS VRAI.	ACCELERATION.
16° 27' 5"	9 ^h 4' 42"	16° 8' 55"	5 ^h 5' 27",2	5 ^h 59' 14",8
15° 14' 10"	9 ^h 9' 59"	14° 55' 46"	5 ^h 10' 58",9	20",9

Terme moyen, 5^h 59' 17",9

Equation du temps, — 6' 5",6

Accélération sur le temps moyen, 5^h 59' 14",5

Le 6 août, avant midi.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR du bord inférieur du soleil.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR du bord supérieur du soleil.	TEMPS VRAI.	ACCELERATION.
20° 28' 50"	21 ^h 12' 51"	20° 42' 46"	7 ^h 14' 41",0	5 ^h 57' 50",0
20° 50' 50"	11 ^h 14' 8"	21° 4' 48"	7 ^h 16' 16",5	51",4
21° 45' 20"	11 ^h 17' 53"	21° 59' 24"	7 ^h 20' 2",2	50",8
21° 59' 50"	11 ^h 18' 55"	22° 13' 55"	7 ^h 21' 5",0	55",0
22° 10' 40"	11 ^h 19' 40"	22° 24' 46"	7 ^h 21' 48",5	51",7

Terme moyen, 5^h 57' 51",4

Equation du temps, — 5' 50",9

Accélération sur le temps moyen, 5^h 52' 20",5

Le 7 août. Hauteurs correspondantes du soleil.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		HAUTEUR du soleil.	HEURE du chronomètre.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
11 ^h 54' 3"	8 ^h 0' 50"	50° 25' 25"	3 ^h 57' 26",5
11 ^h 59' 55"	7 ^h 55' 19"	51° 6' 40"	27",0
0 ^h 2' 51"	7 ^h 52' 53"	51° 25' 10"	27",0
0 ^h 14' 6"	7 ^h 40' 48"	55° 15' 50"	27",0

D'OBSERVATIONS ASTRONOMIQUES.

45

Terme moyen, $5^h 57' 26''.9$ Correction, $- + 0''.45$ Equation du temps, $- 5' 23''.7$ Accélération sur le temps moyen, $5^h 52' 4''.7$

Le 24 août, avant midi.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR du bord inférieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	ACCÉLÉRATION.
25° 16' 50"	11 ^h 20' 12"	25° 50' 54"	7 ^h 50' 52''.8	3 ^h 52' 19''.2
26° 3' 50"	11 ^h 52' 25"	26° 17' 58"	7 ^h 40' 5''.8	19''.2
26° 54' 20"	11 ^h 54' 35"	26° 48' 50"	7 ^h 42' 15''.5	21''.7
27° 11' 20"	11 ^h 57' 4"	27° 25' 53"	7 ^h 44' 44''.5	19''.7
27° 51' 20"	11 ^h 58' 26"	27° 45' 54"	7 ^h 46' 6''.5	19''.7
28° 11' 20"	11 ^h 41' 10"	28° 25' 56"	7 ^h 48' 50''.4	19''.6
28° 55' 20"	11 ^h 44' 8"	29° 9' 59"	7 ^h 51' 50''.9	17''.1
29° 11' 20"	11 ^h 45' 16"	29° 26' 0"	7 ^h 52' 56''.5	19''.5
29° 51' 20"	11 ^h 46' 57"	29° 46' 1"	7 ^h 54' 18''.5	19''.5

Terme moyen, $3^h 52' 19''.5$ Equation du temps, $- 2' 3''.5$ Accélération sur le temps moyen, $5^h 50' 16''.0$

Le 25 août, avant midi.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR du bord inférieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	ACCÉLÉRATION.
26° 28' 20"	11 ^h 53' 53"	26° 42' 51"	7 ^h 41' 57''.2	3 ^h 51' 55''.8
26° 55' 50"	11 ^h 55' 44"	27° 10' 22"	7 ^h 43' 49''.9	54''.1
27° 54' 0"	11 ^h 58' 21"	27° 48' 54"	7 ^h 46' 26''.1	54''.6
28° 11' 20"	11 ^h 40' 58"	28° 25' 56"	7 ^h 48' 59''.4	58''.6
28° 51' 20"	11 ^h 43' 40"	29° 5' 50"	7 ^h 51' 43''.4	56''.6
29° 15' 35"	11 ^h 45' 17"	29° 50' 15"	7 ^h 53' 22''.8	54''.2
35° 52' 35"	0 ^h 12' 0"	36° 7' 52"	8 ^h 20' 28''.0	52''.0
36° 11' 20"	0 ^h 13' 38"	36° 26' 17"	8 ^h 21' 44''.5	53''.5
36° 51' 20"	0 ^h 15' 2"	36° 46' 18"	8 ^h 23' 6''.4	55''.5
36° 51' 20"	0 ^h 16' 25"	37° 6' 18"	8 ^h 24' 28''.1	56''.9

Terme moyen, $5^h 51' 55",2$

Equation du temps, — $1' 47",2$

Accélération sur le temps moyen, $5^h 50' 8",0$

Le retard diurne de l'horloge sur le temps moyen étant au-dessous de $0",3$, je n'ai pas cru qu'il fût nécessaire de séparer les six premiers résultats des quatre derniers. En les séparant on trouve $3^h 50' 8",2$ et $3^h 50' 7",7$.

Le 26 août, avant midi, on prit, avec le sextant de Troughton de deux pouces de rayon, des hauteurs simples du soleil :

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR du bord supérieur du SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	ACCELERATION.
$97^{\circ} 17' 0''$	$1^h 1' 59''$	$48^{\circ} 23' 4''$	$9^h 10' 57",5$	$3^h 51' 21",5$
$98^{\circ} 24' 30''$	$1^h 4' 14''$	$48^{\circ} 55' 50''$	$9^h 12' 51",1$	$22",9$
$99^{\circ} 29' 30''$	$1^h 6' 30''$	$49^{\circ} 28' 21''$	$9^h 15' 3",7$	$26",3$

Terme moyen, $5^h 51' 25",6$

Equation du temps, — $1' 50",0$

Accélération sur le temps moyen, $5^h 49' 55",6$

Le même jour, on obtint des hauteurs correspondantes du soleil, au quart de cercle de Bird.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		HAUTEUR du bord inférieur du SOLEIL.	MIDI du CHRONOMÈTRE.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
$0^h 46' 35''$	$0^h 50' 16''$	$44^{\circ} 15' 55''$	$3^h 51' 19",5$
$0^h 48' 52''$	$0^h 53' 47''$	$44^{\circ} 51' 20''$	$19",5$
$0^h 49' 30''$	$0^h 53' 10''$	$45^{\circ} 1' 40''$	$20",5$
$0^h 52' 15''$	$0^h 50' 24''$	$45^{\circ} 41' 50''$	$19",5$
$0^h 55' 0''$	$0^h 47' 39''$	$46^{\circ} 22' 20''$	$19",5$

Terme moyen, $3^h 51' 19",6$

Correction, + $0",8$

Equation du temps, — $1' 28",1$

Accélération sur le temps moyen, $3^h 49' 52",3$

Pour constater la marche du chronomètre de M. de Humboldt avant son

voyage dans l'intérieur de la Nouvelle-Andalousie, nous présentons les observations suivantes, qui ont été faites dans ce but, et dont le calcul nous a fourni les accélérations sur le temps moyen à Cumana.

1799.	ACCELERATION SUR LE TEMPS MOYEN.	CORRECTION DANS L'INTERVALLE.	MARCHE DIURNE.
28 juil., 5 ^h ,1 soir. . .	5 ^h 53' 14",3		— 7",25
6 août, 7 ^h ,3 matin. . .	5 ^h 52' 20",5	— 53",8	— 13",0
7 août, 0 ^h	5 ^h 52' 4",7	— 15",8	— 6",9
24 août, 7 ^h ,6 matin. . .	5 ^h 50' 16",1	— 1' 48",6	— 8",1
25 août, 7 ^h ,3 matin. . .	5 ^h 50' 8",0	— 8",1	— 15",36
26 août, 9 ^h ,2 matin. . .	5 ^h 49' 53",6	— 14",4	} avec le sextant de deux pouces de Wroughton.
27 août, 0 ^h	5 ^h 49' 52",5	— 15",7	

La température moyenne de Cumana étoit alors de 30 à 35 degrés.

Les irrégularités que présente ici la marche du chronomètre semblent plutôt devoir être imputées aux observations qu'à l'horloge, les intervalles étant très-petits, et le résultat des hauteurs simples du soleil ayant été souvent comparé avec le temps obtenu par des hauteurs correspondantes. En admettant de plus grands intervalles, le calcul donne les résultats suivans :

Retard diurne du 28 juillet au 6 août. . .	7",25
du 6 août au 24 août. . .	6",01
du 7 août au 26 août. . .	6",97.
Terme moyen. . .	7",04.

M. de Humboldt ayant quitté l'intérieur du pays, et étant de retour à Cumana, fit, avec beaucoup de soin, les observations suivantes, pour déterminer le temps et pour vérifier la marche du chronomètre :

Le 21 octobre 1799, avant midi.

Hauteurs simples du soleil mesurées avec le sextant de Ramsden.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VAIR HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	ACCELERATION.
85° 46' 57"	0 ^h 50' 51"	42° 56' 50"	9 ^h 9' 55",1	5 ^h 21' 15",9
86° 9' 52"	0 ^h 51' 48"	42° 47' 58"	9 ^h 10' 50",4	17",6
86° 44' 52"	0 ^h 53' 10"	43° 5' 38"	9 ^h 11' 50",2	19",8
87° 6' 32"	0 ^h 54' 2"	43° 16' 29"	9 ^h 12' 59",2	22",8

En terme moyen 5^h 21' 19",0

Equation du temps + 15' 18",0

Accélération sur le temps moyen 5^h 36' 37",0

Le 22 Octobre. Avant midi.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR du bord inférieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VAIR HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	ACCELERATION.
61° 46' 52"	11 ^h 40' 10"	31° 5' 26"	8 ^h 19' 29",5	5 ^h 20' 40",5
62° 17' 12"	11 ^h 41' 51"	31° 23' 37"	8 ^h 20' 48",2	42",8
62° 47' 22"	11 ^h 42' 39"	31° 28' 43"	8 ^h 21' 55",7	45",5
63° 54' 17"	11 ^h 45' 6"	32° 12' 12"	8 ^h 24' 18",9	47",1
64° 50' 52"	11 ^h 46' 37"	32° 50' 51"	8 ^h 25' 37",4	49",6

Termes moyen, 5^h 20' 45",1

Equation du temps, + 15' 25",8

Accélération sur le temps moyen, 5^h 36' 10",9

Le 23 octobre 1799. Hauteurs correspondantes du soleil prises avec le quart de cercle de Bird.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE		HAUTEUR de bord inférieur DU SOLEIL.	HAUT. ou CHRONOMÈTRE.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
11 ^h 22' 30"	7 ^h 17' 49"	26° 42' 0"	5 ^h 20' 9",5
24' 28"	15' 52"	27° 0' 10"	10",0
26' 9"	14' 9"	27° 32' 40"	9",0
27' 14"	12' 58"	27° 48' 5"	6",0
28' 51"	11' 22"	28° 11' 30"	6",5
56' 8"	4' 10"	29° 51' 20"	9",0
57' 34"	2' 42"	30° 11' 20"	8",0
58' 57"	1' 15"	30° 31' 20"	6",0
41' 55"	6 ^h 58' 25"	31° 11' 20"	10",0
43' 21"	56' 56"	31° 31' 20"	8",5
44' 50"	55' 28"	31° 51' 20"	9",0
46' 35"	53' 45"	32° 15' 50"	10",0
50' 17"	49' 59"	33° 7' 0"	8",0

Terme moyen, 5^h 20' 8",4

Correction, + 4",7

Equation du temps, + 15' 35",5

Accélération sur le temps moyen, 5^h 35' 48",6

M. de Humboldt ajoute que l'exactitude de cette observation n'est que médiocre, la personne qui comptoit au chronomètre n'ayant pas assez précisément marqué les secondes.

Le 24 octobre. Hauteurs correspondantes du soleil. Quart de cercle de Bird.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		HAUTEUR de bord supérieur DU SOLEIL.	HAUT. ou CHRONOMÈTRE.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
1 ^h 7' 33"	5 ^h 51' 42"	50° 32' 50"	5 ^h 19' 58",5
1 ^h 9' 18"	5 ^h 30' 1"	50° 54' 30"	59",5
1 ^h 11' 10"	5 ^h 28' 10"	51° 16' 50"	40",0
1 ^h 13' 36"	5 ^h 25' 40"	51° 47' 10"	38",0
1 ^h 15' 25"	5 ^h 23' 51"	52° 9' 0"	58",0
1 ^h 16' 50"	5 ^h 22' 29"	52° 16' 50"	39",5
1 ^h 18' 15"	5 ^h 21' 0"	53° 0' 50"	37",5

Astronomie.

$$\begin{array}{r}
 \text{Terme moyen, } 3^h 19' 58",7 \\
 \text{Correction, } + 5",1 \\
 \text{Equation du temps, } + 15' 42",9 \\
 \hline
 \text{Accélération sur le temps moyen, } 3^h 55' 26",7
 \end{array}$$

Le 25 octobre. Hauteurs correspondantes du soleil. Quart de cercle de Bird.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE		HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	MIDI ou CHRONOMÈTRE.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
0 ^h 14' 2"	6 ^h 24' 59"	58° 56' 50"	5 ^h 19' 20",5
0 ^h 15' 1"	6 ^h 25' 56"	59° 9' 40"	18",5
0 ^h 15' 51"	6 ^h 22' 47"	59° 20' 50"	19",0
0 ^h 16' 35"	6 ^h 22' 2"	59° 30' 20"	17",5
0 ^h 17' 43"	6 ^h 20' 51"	59° 45' 30"	17",0
0 ^h 18' 42"	6 ^h 19' 55"	59° 58' 40"	18",5

$$\begin{array}{r}
 \text{Terme moyen, } 5^h 19' 18",5 \\
 \text{Correction, } + 4",9 \\
 \text{Equation du temps, } + 15' 49",5 \\
 \hline
 \text{Accélération sur le temps moyen, } 5^h 55' 12",9
 \end{array}$$

Le 26 octobre, avant midi, M. de Humboldt observa, avec le quart de cercle de Bird, une suite de hauteurs du soleil. Les orages, très-communs à Cumana entre deux et trois heures du soir, firent perdre les hauteurs correspondantes. Les observations suivantes sont indiquées comme très-exactes dans le manuscrit.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS-VAIR.	ACCELERATION.
54° 51' 30"	11 ^h 55' 57"	54° 54' 25"	8 ^h 56' 54",7	5 ^h 19' 2",5
55° 5' 0"	11 ^h 56' 58"	54° 47' 55"	8 ^h 57' 54",6	5",4
55° 20' 0"	11 ^h 58' 6"	55° 2' 56"	8 ^h 59' 1",2	4",8
55° 50' 20"	11 ^h 58' 51"	55° 13' 16"	8 ^h 59' 47",1	5",9
55° 40' 20"	11 ^h 59' 35"	55° 23' 16"	8 ^h 40' 51",6	5",4
55° 50' 20"	0 ^h 0' 20"	55° 33' 17"	8 ^h 41' 16",0	4",0
56° 0' 20"	0 ^h 1' 5"	55° 43' 17"	8 ^h 42' 0",7	4",5
56° 10' 20"	0 ^h 1' 50"	55° 53' 17"	8 ^h 42' 45",0	5",0
56° 30' 20"	0 ^h 3' 15"	56° 13' 18"	8 ^h 44' 14",4	0",6
56° 40' 0"	0 ^h 4' 0"	56° 22' 58"	8 ^h 44' 57",5	2",5
56° 49' 0"	0 ^h 4' 41"	56° 31' 50"	8 ^h 45' 37",7	5",5
57° 0' 20"	0 ^h 5' 30"	56° 43' 19"	8 ^h 46' 28",4	1",6
57° 10' 20"	0 ^h 6' 16"	56° 53' 19"	8 ^h 47' 13",2	2",8
57° 21' 40"	0 ^h 7' 7"	57° 4' 40"	8 ^h 48' 3",9	5",1
57° 30' 0"	0 ^h 7' 45"	57° 13' 0"	8 ^h 48' 41",5	5",7
57° 59' 50"	0 ^h 8' 28"	57° 22' 50"	8 ^h 49' 24",8	5",2
57° 49' 10"	0 ^h 9' 11"	57° 32' 10"	8 ^h 50' 7",2	5",8

Terme moyen sans la 9^e observation, 5^h 19' 5",3

Equation du temps, + 15' 54",6

Accélération sur le temps moyen, 5^h 34' 57",9

Le 27 octobre. Hauteurs correspondantes du soleil. Quart de cercle de Bird.

Premier groupe.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE		HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	MIDI au chronomètre.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
11 ^h 34' 45"	7 ^h 2' 17"	50° 0' 10"	5 ^h 18' 51",0
11 ^h 35' 58"	7 ^h 1' 1"	50° 17' 10"	29",5
11 ^h 56' 47"	7 ^h 0' 10"	50° 28' 5"	28",5
11 ^h 57' 33"	6 ^h 59' 24"	50° 38' 25"	28",5
11 ^h 59' 8"	6 ^h 57' 50"	51° 0' 20"	29",0
11 ^h 59' 51"	6 ^h 57' 6"	51° 10' 20"	28",5
11 ^h 42' 7"	6 ^h 54' 51"	51° 40' 50"	29",0

RECUEIL

Terme moyen, 5^h 18' 28",4

Correction, + 4",8

Equation du temps, + 16' 0",4

Accélération sur le temps moyen, 3^h 34' 34",0

Second groupe.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	MIDI du CHRONOMÈTRE.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
1 ^h 51' 36"	4 ^h 45' 24"	58° 25' 50"	3 ^h 18' 30",0
1 ^h 52' 55"	4 ^h 44' 2"	58° 39' 10"	28",5
1 ^h 53' 50"	4 ^h 43' 7"	58° 48' 0"	28",5
1 ^h 55' 23"	4 ^h 41' 36"	59° 5' 20"	29",5
1 ^h 56' 34"	4 ^h 40' 20"	59° 15' 0"	27",0
1 ^h 58' 55"	4 ^h 37' 59"	59° 26' 40"	27",0

Terme moyen, 3^h 18' 28",4

Correction, + 5",2

Equation du temps, + 16' 0",4

Accélération sur le temps moyen, 3^h 34' 34",0

Le 28 octobre.

Il y eut ce jour-là une *éclipse de soleil* visible à Cumana. M. de Humboldt s'étoit préparé depuis long-temps à l'observation de ce phénomène si important pour la détermination des longitudes. Dès son retour de l'intérieur du pays, il avoit pris une suite de hauteurs du soleil pour constater la marche de son chronomètre. Le 28 octobre il fit, avec le plus grand soin, les observations suivantes pour examiner l'état de l'horloge.

Hauteurs correspondantes. Quart de cercle de Bird.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	MIDI ou CHRONOMÈTRE.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
11h 1' 16"	7h 34' 55"	22° 16' 30"	5h 18' 5",5
11h 2' 45"	7h 33' 26"	22° 37' 25"	5",5
11h 3' 57"	7h 32' 55"	22° 49' 20"	6",0
11h 4' 52"	7h 31' 40"	23° 2' 10"	6",0
11h 5' 58"	7h 30' 14"	23° 22' 15"	6",0
11h 8' 24"	7h 27' 48"	23° 55' 50"	6",0
11h 9' 56"	7h 26' 15"	24° 17' 0"	5",5
11h 13' 35"	7h 22' 36"	25° 7' 20"	5",5
11h 18' 56"	7h 17' 16"	26° 20' 50"	6",0
11h 20' 2"	7h 16' 12"	26° 56' 35"	7",0

Terme moyen, 5h 18' 5",8

Correction, + 4",63

Equation du temps, + 16' 4",7

Accélération sur le temps moyen, 5h 54' 15",1

Second groupe de hauteurs correspondantes du soleil.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	MIDI ou CHRONOMÈTRE.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
2h 41' 7"	3h 55' 4"	64° 48' 0"	5h 18' 5",5
2h 42' 27"	3h 53' 45"	64° 54' 55"	6",0
2h 43' 32"	3h 52' 40"	65° 0' 25"	6",0

Terme moyen, 5h 18' 5",8

Correction, + 4",1

Equation du temps, + 16' 4",7

Accélération sur le temps moyen, 5h 54' 14",6

Ces hauteurs n'étant distantes du méridien que d'un peu au-delà d'une demi-heure, nous donnons la préférence au premier groupe. D'ailleurs, la différence entre les deux résultats n'est que de 0",5 en temps.

Le 15 novembre. Hauteurs correspondantes du soleil. Quart de cercle de Bird.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	MIDI ou CHRONOMÈTRE.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
2h 58' 20"	3h 48' 50"	59° 54' 0"	5h 15' 35",0
2h 41' 6"	3h 45' 50"	60° 5' 20"	28",0
2h 42' 21"	3h 44' 46"	60° 9' 50"	55",5
2h 44' 19"	3h 42' 45"	60° 17' 15"	32",0
2h 47' 14"	3h 39' 50"	60° 27' 20"	32",0
2h 50' 47"	3h 36' 25"	60° 37' 50"	56",0

Terme moyen, 5h 15' 32",75

Correction, + 5",82

Equation, + 15' 18",5

Accélération sur le temps moyen, 5h 28' 47",1

D'après toutes ces données, voici la marche du chronomètre avant le départ pour Caraccas et pour la Guaira:

1799.	ACCÉLÉRATION sur LE TEMPS MOYEN.	DIFFÉRENCE dans L'INTERVALLE.	MARCHE DU GÉNÉRAL.
21 octob., 9h, 2 avant m.	3h 36' 37",0		
22 octob., 8h, 4 avant m.	3h 36' 10",9	— 0' 26",1	— 27",0
23 octob., 6h, ...	3h 15' 48",6	— 0' 22",3	— 26",25
24 octob., 6h, ...	3h 35' 26",7	— 0' 21",9	— 21",9
25 octob., 6h, ...	3h 35' 12",9	— 0' 13",8	— 15",8
26 octob., 8h, 7 avant m.	3h 34' 57",9	— 0' 15",0	— 17",4
27 octob., 6h, ...	3h 34' 34",0	— 0' 23",9	— 21",1
28 octob., 6h, ...	3h 34' 15",1	— 0' 18",9	— 18",9
15 novem. 6h, ...	3h 28' 47",1	— 5' 28",0	— 18",23

Terme moyen, — 20",57

Observation du 23
octobre, un peu
douteuse.

Mais en nous tenant uniquement aux hauteurs correspondantes du soleil, nous trouverons que la marche du chronomètre a été assez uniforme. La voici:

Dn 25 au 24 octobre.	— 21",9
Du 24 au 25.	— 13",8
Du 25 au 27.	— 19",45
Du 27 ou 28.	— 18",9
Dn 28 octob. au 15 novembre.	— 18",22

M. de Humboldt, de retour de l'Orénoque et de la Rivière-Noire, revint, dans le commencement du mois de septembre 1800, pour la seconde fois, à Cumana. Dans le cours de ce voyage, pénible et dangereux, il fit un nombre considérable d'observations astronomiques, qui sont d'un grand prix pour la connoissance de l'intérieur du Nouveau-continent. Nous ne pouvons pas les présenter dans l'ordre chronologique, car la position géographique des rives de l'Orénoque et de l'intérieur de la Guyane espagnole, si peu fréquentée jusqu'à ce jour, est fondée sur les longitudes de Cumana et de Carracas; je crois, par conséquent, devoir commencer par réunir sous un même point de vue toutes les observations faites à Cumana pour fixer la position de cette ville importante.

Le 2 septembre. Sextant de Ramsden.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS TOTAL.	ACCÉLÉRATION.
44° 50' 27"	8h 56' 15"	22° 7' 59"	7h 24' 38",5	1h 31' 36",5
45° 41' 47"	8h 57' 59"	22° 33' 23"	7h 26' 23",4	35",6
46° 11' 7"	8h 58' 57"	22° 48' 3"	7h 27' 23",4	55",6
46° 39' 57"	8h 59' 57"	23° 2' 29"	7h 28' 22",2	54",8
47° 2' 27"	9h 0' 45"	23° 13' 45"	7h 29' 8",2	56",8
47° 31' 27"	9h 1' 42"	23° 28' 16"	7h 30' 7",4	54",6
47° 56' 22"	9h 2' 33"	23° 40' 44"	7h 30' 58",2	54",8

Terme moyen, 1h 31' 35",3

Equation du temps, + 20",1

Accélération sur le temps moyen, 1h 32' 4",3

Le 9 septembre. Hauteurs correspondantes du soleil.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	MIDI ou CHRONOMÈTRE.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
9 ^h 42' 10"	5 ^h 10' 29"	68° 4' 27"	1 ^h 28' 19",5
9 ^h 48' 3"	5 ^h 4' 56"	70° 57' 57"	19",5
9 ^h 49' 31"	5 ^h 3' 8"	71° 41' 17"	19",5

Terme moyen, 1^h 28' 19",5

Correction, + 2",4

Equation du temps, + 2' 51",7

Accélération sur le temps moyen, 1^h 29' 15",6

Le 13 septembre. Hauteurs simples du soleil. Les orages empêchèrent, après midi, de prendre des hauteurs correspondantes.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	ACCÉLÉRATION.
96° 37' 17"	10 ^h 36' 20"	48° 2' 8"	9 ^h 12' 50",0	1 ^h 23' 30",0
97° 35' 57"	10 ^h 38' 18"	48° 51' 29"	9 ^h 14' 51",5	26",5
98° 11' 17"	10 ^h 59' 31"	48° 49' 9"	9 ^h 18' 2",4	28",6
98° 52' 47"	10 ^h 40' 57"	49° 9' 54"	9 ^h 17' 27",3	29",7
99° 28' 27"	10 ^h 42' 8"	49° 27' 45"	9 ^h 18' 40",3	27",7

Terme moyen, 1^h 23' 28",5

Equation du temps, + 4' 12",5

Accélération sur le temps moyen, 1^h 27' 41",0

Le 26 septembre. Hauteurs correspondantes du soleil. Selon le manuscrit, observations très-exactes.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		DOUBLES HAUTEURS du bord supérieur DU SOLEIL.	MINI ou CHRONOMÈTRE.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
10 ^h 20' 58"	4 ^h 6' 27"	91° 24' 47"	1 ^h 13' 42",5
10 ^h 22' 14"	4 ^h 5' 10"	92° 1' 16"	42",0
10 ^h 23' 6"	4 ^h 4' 30"	92° 25' 27"	42",0
10 ^h 24' 5"	4 ^h 3' 25"	92° 53' 17"	43",0
10 ^h 25' 16"	4 ^h 2' 9"	93° 28' 17"	42",5
10 ^h 26' 10"	4 ^h 1' 15"	93° 54' 17"	42",5

Terme moyen, 1^h 13' 42",6

Correction, + 5",3

Equation du temps, + 8' 44",5

Accélération sur le temps moyen, 1^h 22' 50",4

Le 29. septembre.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		DOUBLES HAUTEURS du bord supérieur DU SOLEIL.	MINI ou CHRONOMÈTRE.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
9 ^h 39' 51"	4 ^h 43' 42"	71° 52' 17"	1 ^h 11' 56",5
9 ^h 40' 50"	4 ^h 42' 22"	72° 29' 17"	56",0
9 ^h 43' 10"	4 ^h 39' 50"	73° 37' 17"	54",5
9 ^h 45' 11"	4 ^h 37' 58"	74° 36' 17"	54",5

Terme moyen, 1^h 11' 55",4

Correction, + 3",6

Equation du temps, + 5' 22",7

Accélération sur le temps moyen, 1^h 21' 23",5

Le 5 octobre.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	FAUX HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	ACCELERATION.
54° 15' 57"	9 ^h 1' 26"	26° 50' 37"	7 ^h 53' 43",6	1 ^h 7' 42",4
54° 57' 7"	9 ^h 2' 50"	27° 11' 13"	7 ^h 59' 8",9	41",1
55° 24' 57"	9 ^h 3' 50"	27° 25' 9"	7 ^h 56' 6",7	45",3
55° 51' 37"	9 ^h 4' 45"	27° 38' 50"	7 ^h 57' 2",0	43",0

Termes moyen 1^h 7' 42",4

Equation du temps + 11' 53",6

Accélération sur le temps moyen 1^h 19' 16",0

Le 8 Octobre.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	FAUX HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	ACCELERATION.
86° 52' 27"	10 ^h 9' 24"	43° 9' 29"	9 ^h 3' 42",6	1 ^h 5' 41",4
87° 35' 57"	10 ^h 10' 55"	43° 31' 15"	9 ^h 5' 15",9	59",1
88° 5' 37"	10 ^h 12' 1"	43° 46' 6"	9 ^h 6' 19",7	41",3
88° 29' 27"	10 ^h 12' 51"	43° 58' 1"	9 ^h 7' 10",1	40",9
89° 5' 17"	10 ^h 14' 6"	44° 15' 57"	9 ^h 8' 28",0	38",0
89° 35' 57"	10 ^h 15' 8"	44° 30' 17"	9 ^h 9' 29",8	38",2

Termes moyen, 1^h 5' 39",8

Equation du temps, + 12' 25",7

Accélération sur le temps moyen, 1^h 18' 5",5

La présence de M. Bresseau, vice-consul à la Guadeloupe, surtout l'arrivée inattendue d'une expédition militaire, furent cause que le 14, M. de Humboldt oublia de monter le chronomètre.

Le 17 octobre, avant midi.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	ACCELERATION.
103° 14' 57"	2h 3' 29"	51° 20' 53"	9h 46' 28",5	4h 17' 0",5
103° 48' 57"	2h 4' 46"	51° 27' 43"	9h 47' 47",4	4h 16' 58",6
104° 25' 27"	2h 6' 10"	51° 55' 9"	9h 46' 9",2	4h 17' 0",8
105° 1' 27"	2h 7' 36"	52° 14' 9"	9h 50' 58",8	4h 16' 57",2

Terme moyen, 4h 16' 59",3

Equation du temps, + 14' 54",0

Accélération sur le temps moyen, 4h 51' 53",5

Le 18 octobre, avant midi.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	ACCELERATION.
90° 2' 7"	1h 55' 27"	44° 44' 20"	9h 16' 59",5	4h 16' 27",5
91° 55' 7"	1h 56' 56"	45° 0' 50"	9h 20' 28",5	27",5
92° 19' 57"	1h 58' 36"	45° 53' 7"	9h 22' 9",4	26",6
93° 52' 27"	1h 41' 30"	46° 26' 33"	9h 24' 54",5	25",5
94° 11' 17"	1h 42' 47"	46° 48' 58"	9h 26' 22",5	24",4
94° 56' 47"	1h 44' 33"	47° 11' 43"	9h 28' 4",1	23",0
95° 54' 17"	1h 45' 58"	47° 50' 28"	9h 29' 31",9	26",1

Terme moyen, 4h 16' 26",7

Equation du temps, + 14' 45",2

Accélération sur le temps moyen, 4h 51' 11",9

Le 25 octobre, avant midi.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR du bord inférieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VRAIE HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	ACCELERATION.
87° 50' 17"	1 ^h 29' 57"	43° 58' 21"	9 ^h 17' 1",7	4 ^h 12' 55",5
88° 29' 37"	1 ^h 51' 25"	43° 58' 1"	9 ^h 18' 52",6	52",4
88° 52' 57"	1 ^h 52' 20"	44° 9' 52"	9 ^h 19' 25",9	54",1
89° 18' 37"	1 ^h 53' 17"	44° 22' 52"	9 ^h 20' 28",2	50",8
89° 44' 57"	1 ^h 54' 18"	44° 35' 43"	9 ^h 21' 27",4	50",6

Terme moyen, 4^h 12' 52",6

Equation du temps, + 15' 46",8

Accélération sur le temps moyen, 4^h 28' 39",4

Le 28 octobre, avant midi.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VRAIE HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	ACCELERATION.
85° 18' 57"	1 ^h 24' 49"	42° 22' 58"	9 ^h 13' 22",8	4 ^h 11' 26",2
86° 24' 47"	1 ^h 27' 25"	42° 55' 44"	9 ^h 15' 56",8	28",2
86° 52' 7"	1 ^h 28' 26"	43° 9' 14"	9 ^h 16' 59",9	26",1
87° 50' 57"	1 ^h 29' 59"	43° 28' 40"	9 ^h 18' 50",7	28",5

Terme moyen, 4^h 11' 27",2

Equation du temps, + 16' 3",3

Accélération sur le temps moyen, 4^h 27' 50",5

Pendant le cours d'un voyage à Maniquarez et à la Punta-Araya, le chronomètre avoit été exposé trois jours aux mouvemens violens d'une *lancha* ou d'un grand canot. La marche de l'horloge fut constatée à Cumana par les hauteurs correspondantes du soleil, selon les observations suivantes :

Le 6 novembre.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	MIDI ou CHRONOMÈTRE.
APRÈS MIDI.	AVANT MIDI.		
0 ^h 40' 13"	7 ^h 54' 52"	65° 5' 52"	4 ^h 7' 52",5
0 ^h 41' 15"	7 ^h 53' 48"	65° 51' 37"	31",5
0 ^h 42' 20"	7 ^h 52' 45"	65° 56' 57"	32",5
0 ^h 43' 28"	7 ^h 51' 36"	66° 29' 17"	32",0
0 ^h 44' 58"	7 ^h 50' 28"	66° 59' 47"	33",0

Terme moyen, 4^h 7' 52",5

Correction, + 4",8

Equation du temps, + 16' 10",2

Accélération sur le temps moyen, 4^h 23' 47",3

Le 9 novembre. Hauteurs absolues du soleil, avant midi.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	ACCÉLÉRATION.
66° 33' 57"	0 ^h 44' 2"	52° 59' 57"	8 ^h 37' 40",6	4 ^h 6' 21",4
67° 0' 27"	0 ^h 45' 8"	53° 13' 2"	8 ^h 58' 42",6	25",4
67° 22' 57"	0 ^h 46' 0"	53° 24' 18"	8 ^h 59' 54",7	25",3
67° 57' 57"	0 ^h 47' 19"	53° 41' 38"	8 ^h 40' 55",0	24",0
68° 24' 27"	0 ^h 48' 24"	53° 55' 4"	8 ^h 41' 57",3	26",7
68° 49' 27"	0 ^h 49' 19"	54° 7' 54"	8 ^h 42' 55",4	23",6

Terme moyen, 4^h 6' 24",6

Equation du temps, + 15' 58",4

Accélération sur le temps moyen, 4^h 22' 23",0

1800.	ACCELERATION sur LE TEMPS MOYEN.	VARIATION dans L'INTERVALLE.	MARCHE DIURNE.
Le 2 sept. 7 ^h ,5 avant m.	1 ^h 52' 4 ^h ,5		
9. . . 0 ^h	20' 15 ^h ,6	— 2' 50 ^h ,7	— 25 ^h ,75
13. . . 9 ^h ,5 avant m.	27' 41 ^h ,0	— 1' 32 ^h ,6	— 25 ^h ,82
26. . . 0 ^h	22' 50 ^h ,4	— 5' 10 ^h ,6	— 25 ^h ,70
29. . . 0 ^h	21' 23 ^h ,5	— 1' 6 ^h ,9	— 22 ^h ,50
5 oct. 8 ^h ,0 avant m.	19' 16 ^h ,0	— 2' 7 ^h ,5	— 21 ^h ,86
8. . . 9 ^h ,1 avant m.	18' 5 ^h ,5	— 1' 20 ^h ,5	— 25 ^h ,13

Terme moyen, — 25^h,09

Durant ce temps, le chronomètre fut en repos, et conserva une marche très-belle.

1800.	ACCELERATION sur LE TEMPS MOYEN.	VARIATION dans L'INTERVALLE.	MARCHE DIURNE.
Le 17 oct. 9 ^h ,8 avant m.	4 ^h 31' 53 ^h ,5		
18. . . 9 ^h ,5 avant m.	31' 11 ^h ,9	— 0' 21 ^h ,4	— 21 ^h ,65
25. . . 9 ^h ,5 avant m.	28' 59 ^h ,4	— 2' 32 ^h ,5	— 21 ^h ,81
28. . . 9 ^h ,5 avant m.	27' 50 ^h ,5	— 1' 8 ^h ,9	— 22 ^h ,07
6 nov. 0 ^h	25' 47 ^h ,3	— 5' 45 ^h ,2	— 24 ^h ,50
9. . . 8 ^h ,7 avant m.	22' 25 ^h ,0	— 1' 24 ^h ,3	— 29 ^h ,45
13. . . 5 ^h ,3 après m.	20' 20 ^h ,1	— 2' 2 ^h ,9	— 28 ^h ,74
16. . . 10 ^h ,7 avant m.	18' 50 ^h ,2	— 1' 29 ^h ,9	— 52 ^h ,00

En y comprenant l'effet de courbure d'une lanche.

Le retard diurne, du 17 au 28 octobre, seroit, par un milieu, 22^h,14 pour le chronomètre en repos à une température de 27^h,5 — 30° du thermomètre centigrade. Depuis le 28 octobre, à 9^h,3 avant midi, jusqu'au 6 novembre à midi, dans l'espace de 9 jours 2,7 heures, le chronomètre perdit 3' 43^h,2 = 223^h,2. Dans cet intervalle, le garde-temps avoit été exposé trois jours au mouvement de la lanche. Si l'on soustrait pour 6 jours 2^h,7 le retard de 2' 15^h, il restera pour les trois derniers jours 88^h,2 et pour chaque jour, 29^h,4.

Retard dans le temps du repos, 22^h,14.

Effet de la lanche dans 24 heures, 7^h,26.

Suppose-t-on que la marche diurne du chronomètre en repos ait encore été $23^{\circ},1$, comme nous l'avons trouvée, avec beaucoup de régularité, en septembre et au commencement d'octobre, l'effet de la *lancha*, par un calcul semblable au précédent, seroit de $5^{\circ},35$. Je crois que l'on pourroit l'admettre de 6° . Aussi, l'observateur remarque tout exprès que, durant ces trois jours, la mer étoit fort grosse. Cette circonstance a dû influer sur la marche du chronomètre, après le retour de Maniquarez et de la Laguna Chica.

Nous pourrions nous servir du résultat de ces mêmes recherches pour fixer la longitude de Caraccas. Le grand détail dans lequel nous sommes entrés dans l'examen de la marche du chronomètre, pourroit paroître superflu au premier coup-d'œil. Mais il s'agit de constater la détermination du temps depuis le mois de juillet 1799 jusqu'au mois de novembre 1800, intervalle dans lequel notre voyageur a fait un grand nombre d'observations intéressantes. Il parut important de prouver par l'exemple du séjour de Cumana, combien de soin on a pris dans la recherche exacte du temps, soin sans lequel la plupart des longitudes présentées dans le cours de cet ouvrage pourroient laisser quelques doutes.

Détermination de la longitude de Cumana.

10. Par le chronomètre.

Le 8 mai 1799, à midi, le chronomètre étoit en retard de $1^{\circ}58',4$ sur le temps moyen de Madrid. Son retard diurne étoit de $4'',4$ dans l'état de repos, à la température de $22^{\circ},5 - 23^{\circ},7$ du thermomètre centigrade. La température de l'air de mer entre l'Europe, l'Afrique et l'Amérique étoit de $21^{\circ},2 - 23^{\circ},7$; à Cumana et dans les contrées voisines, de $30^{\circ} - 35^{\circ}$. La marche diurne du garde-temps étoit, comme nous l'avons vu plus haut, de $-7''$, c'est-à-dire, que journellement il étoit d'autant en retard sur le temps moyen.

Le 16 juillet au matin, M. de Humboldt mouilla au port de Cumana. Le chronomètre ne fut porté à terre que le 17; mais, dans la journée du 16, la chaleur avoit été fort grande sur la frégate ancree dans le golfe de Cariaco. Les pluies, et particulièrement les orages qui, à Cumana, s'élèvent ordinairement à deux heures après midi, rendirent infructueux tous les efforts

que l'on fit pour prendre des hauteurs correspondantes du soleil. Le 28 juillet seulement, M. de Humboldt put prendre rapidement deux hauteurs simples. Le 7 août enfin, il obtint des hauteurs correspondantes.

Voici les résultats auxquels nous nous arrêtons :

Retard à Madrid, le 8 mai à midi.	1' 58",4
15 jours de Madrid à la Corogne, à 5",4 (1" de plus en retard d'après les expériences faites avec M. Thulia) . . .	1' 10",2
Du 8 mai au 16 juillet, 69 jours.	
Soustraction de 15 jours.	
56 jours. Retard diurne, 4",4. . .	4' 6",4
Ainsi, le 16 juillet à midi, retard à Madrid.	7' 15",0
Du 16 au 28 juillet, à 5 heures du soir, 12 jours 5 heures, à 7" de retard.	1' 25",5
Le 28 juillet, à 5 heures du soir, retard à Madrid. . . .	8' 40",5
Pour ce temps, on trouve l'accélération sur Cumana. . . .	5h 55' 14",3
Cumana est donc à l'ouest de Madrid, de.	4h 1' 54",8
Madrid (observatoire de M. Chaix) à l'ouest de Paris.	1 24' 9"
Madrid est donc à l'ouest de Paris.	4h 26' 3",8

Du 8 mai à midi à Madrid jusqu'au 16 juillet à midi à Cumana, il y a proprement 69 jours 4 heures. Si l'on vouloit avoir égard à cette correction, le retard à midi le 16 juillet seroit, pour Madrid, 7' 15",7, et par conséquent la longitude de Cumana, 4h 26' 4",5 à l'ouest de Paris.

Il y auroit une question plus importante à examiner : Le chronomètre a-t-il d'abord pris dans le port la marche de — 7",2 ? Si nous admettons que, du 16 au 28 juillet, le chronomètre soit allé, par une progression arithmétique, de — 4",4 à — 7",0, nous aurons les résultats suivans :

Le 16 juillet, à midi, retard sur le temps moyen à Madrid. .	7' 15",7
Ajoutez, $\frac{4",4 + 7",0}{2} \times 12 \frac{1}{2}$	1' 9",6
Retard à Madrid le 28 juillet, à 5 heures.	8' 25",3
Accélération pour ce même temps à Cumana.	5h 55' 14",5
Cumana à l'ouest de Madrid.	4h 1' 39",6
Madrid à l'ouest de Paris.	24' 9"
Ainsi, Cumana à l'ouest de Paris.	4h 25' 48",6

Le 16 août, M. de Humboldt prit à Cumana des hauteurs correspondantes du soleil. Elles donnèrent les résultats suivans :

Le 16 juillet, à midi, retard sur le temps de Madrid. . . .	7' 15",7
Du 16 juillet au 7 août, 22 jours, à 7" de retard. . . .	2' 54",0
Le 7 août, 0 ^h retard sur le temps moyen de Madrid. . . .	9' 49",7
Le 7 août, 0 ^h accélération sur le temps moyen à Cumana. . . .	5 ^h 52' 4",7
Cumana à l'ouest de Madrid.	4 ^h 1' 54",4
Cumana à l'ouest de Paris.	4 ^h 26' 5",4
Les hauteurs du soleil du 28 juillet avoient donné. . . .	4 ^h 26' 4",5
Longitude de Cumana.	4 ^h 26' 4",0

20. Par des distances de la lune.

Le 7 août, M. de Humboldt observa six distances de la lune à Antarès. On avoit déterminé avec soin, pour cette observation, l'état et la marche du chronomètre. La difficulté d'amener exactement l'étoile en contact avec le bord éclairé de la lune, jointe à la grande hauteur de la planète, diminue beaucoup la justesse de cette observation. Voici ce que l'auteur remarque lui-même à ce sujet dans son manuscrit :

" 7 août. Sextant de Ramsden. Nuit. Pour la longitude, distance d'Antarès à la lune, observation très-pénible, à cause de la hauteur et de la grande clarté qu'a la lune dans la zone torride. Les étoiles les plus brillantes sont à peine visibles quand on les approche de la lune. . . . Je crains que l'observation ne soit pas trop bonne. . . . "

Pour réduire ces distances, je calculai d'abord les élémens suivans :

Pour le 7 août 1799. 13^h 35', temps moyen à Paris.

Vraie longitude de la lune = 7^h 11^h 16' 29",11 d'après les dernières tables de

Bürg, et 7^h 11^h 16' 18",34 d'après les tables de Triesneker.

Vraie latitude de la lune = 2' 51",7 sud.

Parallaxe horizontale équatoriale de la lune, 59' 14",8.

Demi-diamètre de la lune, 16' 10",5.

Mouvement horaire de la lune, 35' 16",69; pour l'heure suivante, — 0",36.

Mouvement horaire en latitude, — 5' 7",16.

La longitude moyenne d'Antarès.	8 ^h 6 ^h 57' 52",8	sa latitude, 4 ^h 32' 20",8
Aberration.	+ 7",4	+ 1",5
Nutation.	— 11",8	
Position apparente de "	8 ^h 6 ^h 57' 48",4	4 ^h 32' 22",3 sud.

De là résultent :

Ascension droite de la lune = $218^{\circ} 49' 31''$. Accroissement pour l'heure suivante, $54'$.

Déclinaison australe de la lune = $15^{\circ} 16' 5''$. Accroissement pour l'heure suivante, $14'$.

Ascension droite apparente de α , = $244^{\circ} 16' 58''$. Déclinaison australe, $25^{\circ} 58' 29''$.

Distance vraie de la lune à α , à $13^h 55' 0''$, temps moyen à Paris. = $26^{\circ} 5' 8''$.

Voici la suite des observations:

	OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.	
	TEMPS de CUMANA.	DISTANCE de α L. au bord de la lune.	TEMPS MOYEN à CUMANA.	DISTANCE APPARENTE de α L. au centre de la lune.
1	$12^h 56' 5''$	$26^{\circ} 54' 48''$	$9^h 4' 4''$	$26^{\circ} 58' 30'',5$
2	$13^h 0' 3''$	$26^{\circ} 53' 28''$	$9^h 8' 2''$	$26^{\circ} 57' 10'',5$
3	$13^h 5' 53''$	$26^{\circ} 51' 28''$	$9^h 13' 52''$	$26^{\circ} 55' 10'',8$
4	$13^h 9' 40''$	$26^{\circ} 49' 28''$	$9^h 17' 39''$	$26^{\circ} 53' 11'',0$
5	$13^h 12' 10''$	$26^{\circ} 47' 48''$	$9^h 20' 17''$	$26^{\circ} 51' 51'',1$
6	$13^h 15' 41''$	$26^{\circ} 45' 28''$	$9^h 25' 40''$	$26^{\circ} 49' 11'',5$

RÉSULTAT.

	VAIE DISTANCE géocentrique de la lune et de α L.	TEMPS MOYEN à Paris.	LONGITUDE de Cumana.
1	$26^{\circ} 6' 6'',4$	$13^h 29' 58'',6$	$25^{\circ} 55''$
2	$26^{\circ} 4' 11'',8$	$13^h 33' 12'',2$	$25' 10''$
3	$26^{\circ} 1' 24'',4$	$13^h 37' 56'',4$	$24' 4''$
4	$25^{\circ} 58' 58'',3$	$13^h 42' 12'',2$	$24' 35''$
5	$25^{\circ} 56' 55'',3$	$13^h 45' 56'',8$	$25' 20''$
6	$25^{\circ} 54' 2'',5$	$13^h 50' 25'',2$	$26' 45''$

Terme moyen, $4^h 25' 32''$; sans la troisième observation.

Nous trouvons par cette observation, pour la longitude de Cumana, $4^h 25' 32''$. Mais la note du manuscrit cité plus haut, jette quelques doutes sur le degré

* Je dois rappeler que j'entends par distance géocentrique celle qui est réduite au centre de la terre, en ayant égard à son aplatissement.

de certitude que peuvent fournir ces distances. M. de Humboldt avoue lui-même n'avoir jusqu'alors pas été assez exercé dans ce genre d'observations.

3.^e Par l'observation de l'éclipse de soleil du 28 octobre 1799.

Cette éclipse est de la plus grande importance pour la longitude de Cumana. M. de Humboldt s'étoit préparé, avec beaucoup de soin, à l'observer. Nous avons déjà prouvé qu'il connoissoit très-bien l'état et la marche de son chronomètre. Le moment de la fin de l'éclipse fut observé avec la plus grande exactitude.

Je réunirai sous un même point de vue tout ce que les manuscrits présentent de relatif à cet objet.

« Cette éclipse, dit M. de Humboldt, sera mémorable pour moi par les
 « circonstances qui l'ont accompagnée. Après avoir lutté, pendant cinq à six
 « jours, contre les nuages pour prendre des hauteurs correspondantes, je
 « fus sur le point de ne pas pouvoir observer un phénomène pour lequel
 « j'avois fait tant de préparatifs. Le 27 octobre au soir, me promenant
 « sur la plage, un assassin indien, muni d'une *macana*^{*}, manqua de me
 « donner un coup sur la tête, qu'il porta après à mon compagnon de
 « voyage. M. Bonpland resta sans connoissance. Il ressentit pendant long-
 « temps les suites de cet accident. Le jour de l'éclipse même fut très-beau ;
 « le ciel étoit serein et azuré. Le soleil avoit tant de force, qu'exposé à
 « ses rayons pendant dix heures et demie de suite, j'eus le visage
 « douloureusement enflammé. Je m'attendois aux suites dangereuses que les
 « coups de soleil ont dans ces climats. En général, les observations que
 « l'on fait de jour sont très-pénibles. Mais étant peut-être le seul à observer
 « cette éclipse dans toute l'Amérique méridionale, et l'observation même étant
 « la première que je fisse dans ce genre, je ne pensois point aux dangers
 « auxquels ma santé pouvoit être exposée. Occupé du grand nombre de végétaux
 « que nous avions rapportés, M. Bonpland et moi, de la haute chaîne des
 « montagnes, depuis le 17 fructidor jusqu'au 8 vendémiaire, et manquant
 « d'un globe, je n'eus pas le loisir d'entreprendre le calcul purement trigono-
 « métrique. J'entrevis seulement que l'immersion de l'ombre ne pouvoit pas

* Nous indien d'un gros bâton de bois de palmier, en forme de massue.

“ avoir lieu avant 0^h; je ne fus pas trompé dans mon attente. Le commence-
 “ ment d'une éclipse est, en cela, moins intéressant que la fin, vu la grande
 “ difficulté de bien observer l'immersion. Mon but principal étoit de bien
 “ observer l'émersion totale et de m'assurer du temps vrai, le jour même
 “ de l'éclipse, à une seconde près. Je me flatte que ce but a été rempli.
 “ J'ai, en outre, mesuré la grandeur de l'éclipse par un micromètre gravé
 “ sur verre par M. Kohler, et enchassé dans une lunette d'épreuve qui gros-
 “ sit trente-cinq à quarante fois. J'ai pris la distance des cornes, ou les
 “ différences de hauteurs et d'azimuth, par le passage au fil horizontal et
 “ au fil vertical du quart de cercle de Bird, d'après la méthode de Cassini
 “ (Lalande, *Astronomie*, §. 2485). Malgré les soins que j'ai employés à
 “ rectifier les fils, je supplie ceux qui calculeront cette observation d'éclipse,
 “ de se fier plus au résultat que présente la fin de l'éclipse, qu'à la conjon-
 “ ction donnée par la différence des hauteurs. Je crains que l'énorme chaleur
 “ n'ait altéré la position du fil perpendiculaire, et qu'il n'ait pas été aussi
 “ tendu qu'il eût dû l'être. Une forte inflammation des yeux ne me permit
 “ pas de vérifier la position des fils avant le 31 octobre.

“ Pour éviter toutes chances fâcheuses, je me transportai sur la plate-
 “ forme de la maison de *Don Diego Alegria* bien avant le lever du so-
 “ leil. C'étoit une de ces belles nuits des tropiques, rafraîchies par les vents
 “ d'est. (Thermomètre, à 5 $\frac{1}{2}$ heures du matin, à 21°.) Le croissant de Vénus
 “ et les belles étoiles du Navire se perdirent dans les rayons du soleil le-
 “ vant. Aussitôt que le disque du soleil parut au-dessus du Castillo de S. An-
 “ tonio, je pris des hauteurs pour en déduire les réfractions. Les contours
 “ du limbe étoient onduoyans, comme cela arrive toujours en ces climats,
 “ lorsque le soleil, s'élevant perpendiculairement avec une grande rapidité,
 “ chauffe le sol qui a été humecté pendant la nuit, et dont s'élèvent de
 “ grandes masses de vapeurs.”

Suit l'observation des hauteurs correspondantes que nous avons déjà com-
 muniquée plus haut.

“ Quand je pris, continue M. de Humboldt, les hauteurs correspondantes
 “ à 3^h 55', le soleil étoit déjà très-entamé. Je suppose que le commence-

* En effet, j'ai calculé une partie de ces passages des cornes aux fils qui ne donnent pas des résultats satisfaisants. Les erreurs proviennent non-seulement de l'observation, mais de la méthode même, qui suppose plusieurs conditions difficiles à remplir.

“ ment de l'éclipse peut avoir été 12 à 15 minutes plutôt ; donc, en temps
 “ moyen de Cumana, environ à 0^h 5'.”

Distance des cornes, ou différences de hauteurs et d'azimut par le
 passage au fil horizontal et au fil vertical du quart de cercle. Lunette
 qui renverse. (Voy. Pl. I, No. 1.)

Première observation.

	Temps du chronomètre.
Passage de la vraie corne inférieure <i>a</i> au fil horizontal.	4 ^h 16' 17"
de la vraie corne supérieure <i>b</i> au fil vertical.	4 ^h 16' 19"
de la corne <i>b</i> au fil horizontal.	4 ^h 17' 53"
de la corne <i>a</i> au fil vertical.	4 ^h 17' 47"
du vrai bord inférieur ou boréal <i>c</i> au fil vertical.	4 ^h 19' 5"
du bord suivant <i>d</i> au fil horizontal.	4 ^h 20' 18"

Seconde observation.

Passage de la corne <i>a</i> au fil horizontal.	4 ^h 21' 59"
<i>b</i> au fil vertical.	4 ^h 21' 53"
<i>b</i> au fil horizontal.	4 ^h 22' 40"
<i>a</i> au fil vertical.	4 ^h 23' 51"
du bord inférieur <i>c</i> au fil vertical.	4 ^h 24' 30"
du bord suivant <i>d</i> au fil horizontal.	4 ^h 25' 25"

Troisième observation.

Passage du vrai bord supérieur <i>e</i> au fil vertical.	4 ^h 41' 13"
de la corne <i>a</i> au fil horizontal.	4 ^h 41' 50"
de la corne <i>b</i> au fil horizontal.	4 ^h 43' 49"
de la corne <i>b</i> au fil vertical.	4 ^h 43' 50"
de la corne <i>a</i> au fil vertical.	4 ^h 43' 55"
du bord inférieur <i>c</i> au fil vertical.	4 ^h 44' 22"
du bord suivant <i>d</i> au fil horizontal.	4 ^h 44' 57"

Quatrième observation.

Passage du bord supérieur <i>e</i> au fil vertical.	4 ^h 49' 40"
de la corne <i>b</i> au fil horizontal.	4 ^h 49' 49"
de la corne <i>a</i> au fil horizontal.	4 ^h 50' 7"
du bord eutagé <i>g</i> au fil horizontal.	4 ^h 50' 27"
de la corne <i>b</i> au fil vertical.	4 ^h 52' 59"
du bord suivant <i>d</i> au fil horizontal.	4 ^h 52' 41"
du bord inférieur <i>c</i> au fil vertical.	4 ^h 53' 2"

Cinquième observation.

	Temps du chronomètre.
Passage du bord supérieur <i>c</i> au fil vertical.	4 ^h 55' 5"
de la corne <i>b</i> au fil horizontal.	4 ^h 55' 19"
de la corne <i>a</i> au fil horizontal.	4 ^h 56' 57"
de la corne <i>b</i> au fil vertical.	4 ^h 57' 8"
du bord suivant <i>d</i> au fil horizontal.	4 ^h 59' 12"
de la corne <i>a</i> au fil vertical.	4 ^h 59' 41"
du bord inférieur <i>c</i> au fil vertical.	4 ^h 59' 53"

Grandeur de l'éclipse ou largeur de l'ombre, mesurée avec un micromètre gravé sur verre par M. Köhler à Dresde :

à 5^h 15' du chronomètre l'ombre occupoit 0,17 du disque du soleil.
 à 5^h 26'. 0,11.

Fin de l'éclipse de soleil du 28 octobre 1799, à Cumana, observée très-exactement en temps non corrigé du chronomètre, 5^h 48' 57".

Cette observation est la première que M. de Humboldt nous communique d'Amérique. Elle fut publiée en premier lieu dans la *Connaissance des temps* et dans la *Correspondance de M. de Zach*. L'astronome *Triesneker* de Vienne et *Ciccolini* de Paris en entreprirent le calcul. Le premier trouva pour la longitude de Cumana, 4^h 24' 55",3; le second, 4^h 24' 59". Ces deux résultats différoient de la détermination par le chronomètre, d'une minute en temps. Mais cette différence n'est qu'apparente. Elle diminue de 50" lorsque, comme je l'ai fait, on calcule d'après les excellentes tables solaires de Zach et de Delambre, et d'après les tables lunaires de Bürg et de Triesneker. D'après ces tables, l'éclipse donne un résultat qui approche de 15 à 20" de la longitude déterminée par le garde-temps.

Nous commencerons par donner connoissance des élémens de notre calcul. Nous en présenterons tous les détails, afin que le lecteur puisse juger lui-même de la confiance que méritent les résultats. Il est indispensable de démontrer en même temps pourquoi nos résultats diffèrent de ceux que d'autres astronomes ont trouvés.

Le 28 octobre 1799, à midi, l'avance du chronomètre étoit à Cumana de 5^h 34' 15",1. La fin de l'éclipse fut observée à 5^h 48' 37", du chro-

* Connaissance des temps pour l'an 9.

nomètre. Soustraction faite de l'avance, $= 3^h 34' 13'',6$, on aura pour Cumana le temps moyen de la fin, $2^h 14' 23'',4$.

Je calculai pour $5^h 29' 12''$ temps moyen à Paris :

1^o. La vraie longitude du soleil, d'après Zach $= 7^s 50' 10'',09$;

La vraie longitude de la lune, d'après Bürg $= 7^s 50' 19'',21$;

Le mouvement horaire de la lune en longitude, $58' 4'',11$, et pour l'heure suivante, $+ 0'',046$.

2^o. La vraie longitude de la lune, d'après les tables du bureau des longitudes,

$7^s 50' 15'',0$;

La vraie longitude du soleil, d'après les dernières tables de Delambre,

$7^s 50' 6'',7$.

3^o. La vraie longitude de la lune, d'après les tables de Triesneker (Ephem. 1805),

$7^s 50' 17'',72$;

Le mouvement horaire de la lune en longitude, $58' 4'',09$, et pour l'heure suivante, $+ 0'',045$.

Ces données donnent le temps de la conjonction à Paris de la manière suivante :

D'après Zach et Bürg, $5^h 28' 58'',44$ temps moyen ;

D'après les tables du bureau des longitudes, $5^h 58' 59'',64$;

D'après Zach et Triesneker, $5^h 28' 58'',66$.

L'essentiel étoit de déterminer le temps de la conjonction à Cumana. Pour cet effet, je calculai pour le moment de la fin de l'éclipse $= 2^h 14' 23'',4$ à Cumana, ou, en prenant $4^h 26' 4''$ pour la longitude du lieu de l'observation, $6^h 40' 27'',4$, temps moyen à Paris, les élémens suivans servant au calcul parallaxique :

*) D'après Laplace, Bürg et Zach :

Vraie longitude de la lune, $7^s 60' 4' 52'',27$;

Vraie latitude boréale de la lune, d'après la théorie de Laplace, $5' 59'',15$;

* La différence que je fais des tables lunaires du bureau des longitudes et de celles de Bürg, pourroit causer une erreur. Il n'y a de différence entre ces tables, qu'en ce que les premières mettent l'époque de 1802 à $7^h 24' 24'' 180,8$, et les autres indiquent pour le même temps $7^h 24' 24'' 22,1$. (Voy. Zach, *Monatliche Correspondenz*, 1804, sept.) Les excellentes tables du bureau des longitudes ne me sont parvenues que lorsque j'eus réduit la plus grande partie des distances lunaires de M. de Homboldt.

D'après les Tables du bureau des longitudes, $5^{\circ} 41' 42''$.

Parallaxe équatoriale horizontale de la lune, $61^{\circ} 25' 26''$, en supposant $57' 1''$, pour la constante.

Demi-diamètre de la lune, $16' 45'' 24$.

Mouvement horaire de la lune, $= 58' 4'' 22$.

Mouvement horaire du soleil, $2' 50'' 08$; son demi-diamètre, $16' 7'' 66$.

Parallaxe horizontale, $8'' 76$; vraie latitude boréale du soleil, $0'' 24$.

Obliquité apparente de l'écliptique, $25^{\circ} 28' 4'' 54$; aplatissement de la terre, $\frac{1}{17}$.

a) D'après Zach et Triesneker.

Vraie longitude de la lune, $7^{\circ} 6' 4' 52'' 0$.

Vraie latitude boréale de la lune, $= 5' 55'' 40$.

Parallaxe horizontale équatoriale, $61^{\circ} 24'' 17$.

Demi-diamètre de la lune, $16' 45'' 49$.

Les éléments pour le soleil, comme les précédents.

Que la hauteur du pôle pour le point qui est l'objet du calcul, corrigée d'après la figure sphéroïdale de la terre, soit désignée φ'

La parallaxe corrigée de l'étoile π ;

L'obliquité apparente de l'écliptique ϵ ;

L'ascension droite du milieu du ciel μ ;

La longitude du nonagésime L . Distance du nonagésime au zénith B ;

La parallaxe de longitude λ ;

La vraie longitude de l'étoile soumise à une parallaxe l ;

La latitude apparente β' , la vraie latitude de l'étoile β ;

Le demi-diamètre horizontal D , le diamètre accru d ;

nous trouverons un angle auxiliaire x par

$$\begin{aligned} \text{tang. } x &= \cotang. \varphi' \sin. \mu. \quad \text{Donc} \\ \sin. B &= \frac{\sin. \varphi' \cos. (\epsilon + x)}{\cos. x} \end{aligned}$$

$$\sin. L = \text{tang. } B. \text{ tang. } (\epsilon + x)$$

et ensuite :

$$\sin. \lambda = \frac{\sin. \pi \cos. B \sin. (L \sin l + \lambda)}{\cos. \beta.}$$

ou bien, d'après Delambre : $\text{tang. } \lambda = \text{tang. } y \text{ tang. } (L \sin l) \text{ tang. } (45^{\circ} + \frac{1}{2} y)$

ou l'on a : $\sin. y = \frac{\cosin. B \cos. (L \sin l) \sin. \pi}{\cosin. \beta.}$

Astronomie.

10 .

$$\begin{aligned} \text{tang. } \beta &= \pm \frac{\text{tang. } \beta \sin. (L \cos l + \lambda)}{\sin. (L \cos l)} - \frac{\text{tang. } B \sin. \lambda}{\sin. (L \cos l)} & (\text{+ pour la vraie latitude boréale; -} \\ & & \text{pour la latitude australe).} \\ \sin. d &= \frac{\sin. D. (L \cos l + \lambda) \cos. \beta}{\sin. (L \cos l) \cos. \beta} \end{aligned}$$

En me servant, comme d'ordinaire, de ces formules, j'obtins les élémens suivans, nécessaires pour la solution du triangle de conjonction, et particulièrement,

1^o. D'après les élémens de Laplace, de Zach et de Bürg :

Parallaxe de longitude de la lune.	27' 16",02	negative, L étant ici plus grand que l .
Parallaxe de longitude du soleil.	0' 5",92	de même negative.
Latitude apparente de la lune.	29' 54",70	sud.
Latitude apparente du soleil.	0' 4",45	sud.
Demi-diamètre apparent de la lune.	16' 58",30	

2^o. D'après Zach et Triesneker :

Parallaxe de longitude de la lune.	27' 16",46	
Parallaxe de longitude du soleil.	0' 5",92	
Latitude apparente de la lune.	29' 59",00	sud.
Latitude apparente du soleil.	0' 4",45	sud.
Demi-diamètre apparent de la lune.	16' 58",55	

De là résulte

Le temps moyen de la vraie conjonction du soleil et de la lune, à Cumana,

a) D'après Laplace, Zach et Bürg. 1^h 3' 11",68.

β) D'après Zach et Triesneker. 1^h 3' 24",35.

D'après les tables du bureau des longitudes. 1^h 3' 4",16.

Nous avons trouvé plus haut le temps moyen de la conjonction à Paris, d'après Zach et Bürg, 5^h 28' 58",44 ; à Cumana, 1^h 3' 11",68. Donc, la longitude de Cumana = 4^h 25' 46",76.

D'après Zach et Triesneker, la conjonction à Paris, 4^h 28' 58",96 ; et à Cumana, 1^h 3' 24",35. Ainsi, la longitude de Cumana, 4^h 25' 34",61.

D'après les tables du bureau des longitudes, Cumana seroit à 4^h 25' 55",48.

* J'ai fait un léger changement dans ces formules de M. Garnier, pour réduire en tables tout le calcul parallactique, pour les éclipses du soleil. Elles m'ont donné, pour l'éclipe dont il s'agit ici, un résultat qui diffère peu du calcul rigoureux. Je publierai dans la suite ces tables auxiliaires.

Pour apprécier, en outre, l'influence que pourroit produire l'erreur de quelques élémens, faisons, en conservant les mêmes signes,

$$m = 3600.$$

Mouvement horaire, γ s'éloignant du $\odot$, exprimé en secondes.

n la somme des demi-diamètres du soleil et de la lune.

$n = \sqrt{(n^2 - g^2)}$ où g désigne la latitude apparente de la lune.

En nommant τ le temps de la conjonction, on aura :

$$\Delta \tau = \frac{\pm m n \Delta h}{n} + \frac{m g' \Delta \beta}{n} + \frac{m g' \sin. B. \Delta \pi \pm m. \cos. B. \sin. (L \odot l + \lambda). \Delta \pi}{n} \\ \frac{\pm 5 m n}{11. n} \Delta \pi$$

Jusqu'à présent on a négligé, et à tort ce me semble, ce dernier coefficient de $\Delta \pi$, je veux dire $\frac{\pm 5 m n}{11. n}$. Car le demi-diamètre de la lune étant environ $\frac{1}{4}$ de sa parallaxe, et ainsi d , et par conséquent n étant une fonction de π , n doit varier selon qu'on change la valeur de π . Le coefficient de Δh ou $\frac{\pm m n}{n}$ ne détermine donc que le changement, que l'inflexion ou l'irradiation des demi-diamètres, ou en général l'erreur occasionne dans leur grandeur absolue. Mais cette incertitude est probablement la moindre dans le calcul parallaxique. Dans les cas où l'on a obtenu, par exemple, par des observations d'éclipses solaires, trois équations pour les trois grandeurs inconnues, il faudroit absolument avoir égard au coefficient indiqué ci-dessus. Je croirois même que les corrections prodigieuses des tables lunaires que l'on a obtenues en déterminant, de la manière ordinaire, les coefficients de Δh , $\Delta \beta$ et $\Delta \pi$ doivent plutôt être attribuées à cette circonstance qu'à l'imperfection des observations.

En considérant les coefficients tels que je le propose, on obtient :

$$\Delta \tau = - 5,722 \Delta h - 5,514 \Delta \beta + 0,052 \Delta \pi \quad (\text{par les élémens de Bürg et de Zach.})$$

$$\Delta \tau = - 5,755 \Delta h - 5,555 \Delta \beta + 0,052 \Delta \pi \quad (\text{Par les élémens de Triesneker.})$$

et enfin :

Longitude de Cumana (d'après les élémens de Laplace, de Zach et de Bürg):

$$4^h 25' 46''.76 + 5,722 \Delta h + 5,514 \Delta \beta - 0,052 \Delta \pi.$$

$$4^h 25' 55''.48 + 5,722 \Delta h + 5,514 \Delta \beta - 0,052 \Delta \pi \quad (\text{d'après les tables du bureau des longitudes.})$$

$$4^h 25' 34''.61 + 5,755 \Delta h + 5,555 \Delta \beta - 0,052 \Delta \pi \quad (\text{d'après Triesneker.})$$

L'observation que j'ai faite plus haut sur la détermination des coefficients

¹ Bode, Ephemer. 1808, p. 152.

de $\Delta \pi$,* devient ici très-importante. Elle nous apprend que l'incertitude dont pourroit encore être affectée la parallaxe de la lune, n'a qu'une influence insignifiante sur la longitude de Cumana.

Selon les recherches de M. *Burckhardt*, la constante de la parallaxe équatoriale est de $1''{,}7$ plus petite que je ne l'avois admise dans mon calcul. Ceci ne changeroit la longitude que de $+0''{,}05$.

D'après la méthode ordinaire, le coefficient de $\Delta \pi$ est $= 1,047$. Aussi, la longitude d'un endroit a une influence plus ou moins grande sur le résultat d'un calcul parallaxique. L'expédition de *Fidalgo* admettoit la longitude de Cumana de $4^h 26' 40''$, et ainsi $36''$ plus à l'ouest que je ne l'ai indiquée. Pour ces 36 secondes, la latitude de la lune diminue de $2''{,}1$. On aura donc $\Delta \delta = - 2''{,}1$; et la longitude sera plus petite de $6''{,}96$. Mais le *Deposito hydrografico* de Madrid ne place actuellement Cumana que d'une couple de secondes plus à l'ouest que nous l'avons trouvée d'après les observations de M. de Humboldt. *Triesnecker*, en 1800, avoit aussi calculé cette éclipse. Il en déduisit la longitude de Cumana, comme nous l'avons déjà remarqué, de $4^h 24' 55''{,}3$.

« J'ai essayé (écrit cet illustre savant à M. de Zach) de déterminer la position de Cumana d'après l'éclipse observée par M. de Humboldt, le 23 octobre 1799; j'ai obtenu les résultats suivans: D'après les équations lunaires de Bürg, la nouvelle lune tomba, au 28 octobre, à $5^h 28' 9''{,}8$, temps moyen à Paris, et d'après l'observation de la fin de l'éclipse, à $1^h 3' 14''{,}5 - 3,324 l$, temps moyen à Cumana; par conséquent, Cumana de Paris, $4^h 24' 55''{,}3 + 3,324 l$, où l désigne la correction de la latitude de la lune. Outre la justesse de l'observation, cette longitude suppose encore trois conditions, 1°. que vos tables solaires, d'après lesquelles j'ai calculé la nouvelle lune à l'aide de la diminution de l'époque de $9''{,}5$ et à l'aide de l'augmentation de l'apogée de $2' 30''$, soient en harmonie avec l'état du ciel; 2°. que les équations lunaires de Bürg pour ce temps soient sans erreur; 3°. que la latitude de la lune, qui a une très-grande influence sur la longitude de Cumana, n'ait pas besoin de correction. Les deux premières conditions sont requises pour la pleine lune déduite des tables, et la troisième pour le temps de la conjonction que l'on déduit de l'observation. Bürg n'ayant pas encore soumis à l'exa-

* *Connaissance des temps pour l'an 1808*, p. 363.

men les équations de latitude de la lune, j'ai été obligé de tirer cette latitude des tables de Mason *.

Pour être en état de comparer les résultats de Triesneker avec les miens, je calculai la longitude du soleil selon la méthode indiquée par cet astronome, et je trouvai :

Pour 5^h 29' 12" temps moyen à Paris. 7^h 50' 18" 58",2.

Les nouvelles tables solaires de Zach donnèrent. . 7^h 50' 19" 10",1.

Différence. 11",9 ou 20",1 en temps.

La longitude moyenne de la lune établie par M. Triesneker pour 1800, et prise pour base, est 11^h 50' 38" 33",7. Celle que j'ai admise, d'après les recherches les plus nouvelles de Bürg, 11^h 50' 38" 12",4. Par conséquent, la différence = 22",3, et en temps, 37",6.

M. Triesneker, trouvant la longitude du soleil plus petite, et celle de la lune plus grande que je ne les ai admises d'après les déterminations les plus nouvelles, il dut trouver le temps de la conjonction à Paris de 20",1 + 37",6 = 57",7, et, par conséquent, la longitude de Cumana moindre d'autant; car les changemens que Bürg a faits depuis ce temps aux coefficients des inégalités de la lune, n'ont probablement amené qu'une faible variation dans la longitude de la lune. Il est donc naturel que depuis que l'astronome de Vienne a considérablement perfectionné ses excellentes tables lunaires, je trouve un résultat différent de celui qu'avait obtenu M. Triesneker d'après des élémens moins exacts.

Dans le même temps où M. Triesneker entreprit le calcul parallactique de cette éclipse, M. Ciccolini, aujourd'hui directeur de l'observatoire de Bologne, s'occupa du même objet à Paris. Il admit pour la fin de l'éclipse, 2^h 14' 22", temps moyen. La longitude de Cumana fut supposée de 4^h 26' 4"; la latitude corrigée, de 10° 23' 57"; l'aplatissement de la terre, 177. Ces données présentent 4^h 24' 59",3 pour la différence du méridien de Cumana et de Paris.

Voici les élémens du calcul de M. Ciccolini :

Longitude du soleil, 7^h 50' 22' 7",8, mouvement horaire, 2' 30",08; demi-diamètre du soleil, 16' 8",69; - 3",5 irradiation; parallaxe horizontale, 8",6;

* Foy. *Zachs monatliche Correspondenz*, vol. I, p. 596.

* Foy. *Zachs monatliche Correspondenz*, vol. I, p. 544, 552.

vraie longitude de la lune, $7^{\circ} 6' 4' 43''$,7 ; vraie latitude boréale de la lune, $3' 31''$,0 ; parallaxe équatoriale horizontale de la lune, $61' 29''$,1. Par conséquent, *temps de la conjonction à Cumana*, $1^{\text{h}} 3' 36''$,6. Les tables indiquoient pour temps moyen à Paris, $5^{\text{h}} 28' 36''$,0. Ainsi, *longitude de Cumana*, $4^{\text{h}} 24' 59''$,3.

On observera que M. Ciccolini admettoit une longitude du soleil plus petite de $0''$,5, et une longitude de la lune plus grande de $11''$,4 que celles que j'ai supposées pour servir de base à mon calcul. Il devoit en résulter une longitude de Cumana trop petite de $20''$,1 en temps. Mais il y a d'autres causes qui rendent la différence plus grande encore.

Mais avant tout, revenons au temps de la conjonction à Cumana. Je trouve :

$$1^{\text{h}} 3' 11''$$
,68 — $3,722 \Delta H$ — $3,514 \Delta \beta$ + $1,047 \Delta \pi$

Par conséquent, pour comparer le résultat de Ciccolini avec le mien, il faut déterminer les valeurs de ΔH , $\Delta \beta$ et $\Delta \pi$. Selon Ciccolini $H = 16' 8''$,7 + $17' 0''$,6 — $57,5 = 33' 3''$,8 ; selon mon calcul, $33' 6''$,0 ; ainsi, $\Delta H = -2''$,2. La latitude de la lune, ou β , est, selon Ciccolini, $3' 31''$,0, et d'après mon calcul, $3' 39''$,15 : ainsi, $\Delta \beta = -8''$,15. La parallaxe de la lune est, selon Ciccolini, $5''$,84 plus grande qu'elle ne devoit être d'après mes données. Par conséquent, $\Delta \pi = +5''$,84, et le temps de la conjonction, $1^{\text{h}} 3' 11''$,68 — $3,722 \times -2''$,2 — $3,514 \times -8''$,15 + $1,047 \times +5''$,84 = $1^{\text{h}} 3' 53''$,0 ; selon Ciccolini, $1^{\text{h}} 3' 36''$,7. Dans tous les cas, et en partant de la supposition que cet astronome ait effectivement employé les élémens, tels qu'ils se trouvent énoncés dans la Connoissance des temps, mes résultats doivent différer des siens de plus d'une minute en temps. Mais les succès brillans qu'ont eus tous les travaux des géomètres et des astronomes dont j'ai emprunté les élémens, me font espérer que les résultats que j'ai présentés sont aussi exacts que l'on peut s'y attendre, d'après la nature de l'observation et l'état actuel de nos connoissances.

La différence du méridien de Cumana et de Paris est donc :

D'après les élémens de Laplace, de Zach et de Bürg. $4^{\text{h}} 25' 46''$,76 ;
D'après les tables solaires de Delambre et les tables
lunaires du bureau des longitudes. $4^{\text{h}} 25' 55''$,48 ;

* Il a fallu exprimer ici le coefficient de $\Delta \pi$ selon la méthode usitée jusqu'à présent, parce que nous avions, tant pour $\Delta \pi$ que pour ΔH , des valeurs propres et indépendantes l'une de l'autre.

D'après les tables lunaires de Triesneker et les tables

solaires de Zach. $4^h 25' 54'',61$.

Terme moyen, $4^h 25' 45'',6$ distance de

Cumana en longitude à l'ouest de Paris.

Le résultat obtenu par les tables du Bureau des Longitudes ne diffère que de $10''$ en temps de la longitude chronométrique.

4^a. Par des observations d'occultations des satellites de Jupiter.

Les observations se firent toutes avec une lunette de Dollond, qui grossissoit quatre-vingt-quinze fois.

M. de Humboldt observa à Cumana une suite d'immersions et d'émer-sions des satellites de Jupiter. Nous commencerons par les présenter dans l'ordre chronologique. Quant à ce qui concerne la réduction du temps du chronomètre au temps moyen, nous nous référons aux déterminations du temps que nous avons indiquées plus haut. Aussi, la marche de l'horloge y a-t-elle été discutée.

Immersion du second satellite de Jupiter, le 7 novembre 1779:

Au chronomètre. $2^h 56' 10''$ matin.

Avance de l'horloge. $5^h 51' 3'',7$.

Temps moyen, $11^h 25' 6'',3$.

Le ciel étoit fort serein, les bandes de Jupiter très-distinctes. L'observa-teur annonce cette observation comme bonne.

La même immersion fut aussi observée par M. *Flaugergues*, à Viviers¹.

Il fixe le moment de l'immersion à $4^h 0' 22''$ temps moyen, le 8 au matin.
à Cumana $11^h 25' 6'',3$ le 7 au soir.

Différence. $4^h 59' 15'',7$

Viviers, de Paris. $9' 24''$ est.

Cumana. $4^h 25' 51'',7$ à l'ouest de Paris.

M. *Thulis* observa l'immersion à Marseille à $4^h 3' 55'',9$ temps moyen, le 8 au mat.²

M. de Humboldt à Cumana. $11^h 25' 6'',3$ le 7 au soir.

¹ *Ephemerides astronomicae*, auctore Triesneker, anni 1863, p. 369.

² *Ephemerides astronomicae*, anni 1863, p. 374.

Cumana à l'ouest de Marseille. . .	4 ^h 38' 29",6
Marseille à l'est de Paris. . .	13' 8",5
Cumana à l'ouest de Paris. . .	4 ^h 25' 21",1

L'observation de M. Thulis est annoncée comme bonne ; M. Flaugergues observe que le satellite étoit dans la brume¹, ce qui peut être cause qu'on l'a un peu trop tôt perdue de vue.

La comparaison avec les tables de Delambre, donne pour l'immersion, 4^h 25' 32".

Le 13 septembre 1800, au matin, M. de Humboldt observa l'immersion du second satellite à 5^h 54' 40" au chronomètre.

Le manuscrit porte la remarque : « Observation très-belle, bandes très-claires, quoique la lune fût assez près de la planète. »

L'horloge avançoit sur le temps moyen de 1^h 27' 45",8. Ainsi, le temps moyen de l'observation étoit 4^h 26' 54",2. Selon les tables de Delambre, l'immersion devoit être à Paris à 8^h 52' 18",5 ; par conséquent la longitude de Cumana, 4^h 25' 24". Je n'ai pu trouver d'observations correspondantes, l'immersion ayant eu lieu de jour dans nos contrées.

Le 26 septembre 1800, au matin, selon l'observation de M. de Humboldt, le premier satellite entra dans l'ombre de Jupiter, à 6^h 32' 47", temps du chronomètre.

Le manuscrit porte : « Belle observation, cinq bandes. Immersion à $\frac{2}{3}$ du disque.

L'immersion eut lieu à Cumana à. . . 5^h 10' 8",5 temps moyen.

A Paris, selon les tables de Delambre à. 9^h 36' 5",8.

Cumana de Paris. . . . 4^h 25' 57",3.

Le 27 septembre, au matin, le quatrième satellite sortit de l'ombre à 6^h 50' 2" temps du chronomètre, ou 5^h 27' 49" temps moyen.

« Jupiter très-beau ; lumière affoiblie par le crépuscule ; mais d'autant plus distincte. Le satellite sortit à $\frac{1}{4}$ de diamètre du disque. »

Les tables de Delambre donnoient pour l'émission à Paris, 9^h 52' 27",5 ; par conséquent, la longitude de Cumana, 4^h 24' 38",5.

¹ *Satelles nube tectus !*

Le 28 septembre, au matin, M. de Humboldt observa l'émergence du troisième satellite, à Cumana, à $5^h 47' 10''$ du chronomètre, ou à $4^h 25' 40''$, 5 temps moyen. « Bandes très-belles, observation bonne. » L'émergence se fit à $\frac{1}{2}$ du diamètre du disque, peut-être $2''$ à $3''$ plutôt qu'à $5^h 47' 10''$, temps du chronomètre.

Les tables de Delambre donnent pour cette éclipse à Paris, $8^h 51' 7''$, 3; par conséquent, la longitude de Cumana, $4^h 24' 37''$, 8.

Le 5 octobre, au matin, à $6^h 18' 54''$ du chronomètre, le troisième satellite entra dans l'ombre de Jupiter. « Ciel moins beau, vapeurs, cependant » bandes visibles. » D'après la réduction que j'ai faite, l'immersion eut lieu à $4^h 59' 53''$, 8 temps moyen.

A Paris, d'après les tables de Delambre. . . $9^h 25' 16''$, 4

Ainsi, longitude de Cumana. $4^h 25' 42''$, 6

Le 28 octobre, au matin. Immersion du premier satellite à $6^h 8' 30''$ au chronomètre, ou $1^h 40' 52''$, 5 temps moyen. Clair de lune très-fort.

Les tables de Delambre indiquent pour l'immersion à Paris, à $6^h 7' 0''$ temps moyen.

M. de Humboldt à Cumana, la vit à . . . $1^h 40' 52''$, 5

Longitude de Cumana. $4^h 26' 7''$, 5

Le 3 novembre, au matin. Éclipse du troisième satellite à $4^h 44' 36''$, temps du chronomètre. Le manuscrit ne détermine point le degré de bonté de cette observation.

M. Flaugergues observa l'éclipse à Viviers, à $4^h 53' 7''$, 5 temps moyen :

M. de Humboldt à Cumana . . . $0^h 19' 28''$

Cumana à l'ouest de Viviers . . . $4^h 53' 59''$, 5

Viviers à l'est de Paris. $9' 24''$

Cumana à l'ouest de Paris . . . $4^h 24' 11''$, 5

M. Thulis observa l'éclipse à Marseille, à $4^h 57' 11''$, 8 temps moyen :

M. de Humboldt à Cumana. . . $0^h 19' 28''$

Cumana à l'ouest de Marseille. . $4^h 57' 43''$, 8

Marseille à l'est de Paris. . . . $2' 8''$, 5

Cumana à l'ouest de Paris. . . . $4^h 25' 55''$, 5

* Connaissance des temps pour l'an XIII, p. 404.

* *Ibidem*, p. 365.

La comparaison avec les tables de Delambre fixe la longitude de Cumana à $4^h 25' 47''$.

Le 9 novembre, au matin. Immersion du second satellite à $5^h 23' 5''$ du chronomètre, ou $1^h 0' 34''$ temps moyen.

« Le ciel étoit si obscur et si plein de vapeurs, qu'à peine on distinguoit » à l'œil les étoiles de la seconde grandeur. La lune assez près de Jupiter.
» Observation très-médiocre. »

D'après les tables de Delambre, l'immersion devoit avoir lieu à Paris, à $5^h 26' 52''$ temps moyen.

M. de Humboldt l'observa à Cumana à $1^h 0' 34''$

Longitude de Cumana $4^h 25' 58''$

Le 12 novembre, au soir. Immersion du premier satellite à Cumana, à $4^h 16' 56''$ du chronomètre, ou, selon mon calcul, à $11^h 56' 18'',7$ temps moyen. Le manuscrit remarque que l'observation étoit très-bonne.

M. Triesneker¹ observa l'immersion à Vienne à $5^h 18' 20'',7$ { temps moyen, le
13 nov. au mat.

M. de Humboldt à Cumana $11^h 56' 18'',7$ le 12 au soir.

Cumana à l'ouest de Vienne $5^h 22' 2''$

Vienne à l'est de Paris $56' 10''$

Cumana à l'ouest de Paris $4^h 25' 52''$

M. Méchain² observa l'immersion à Paris à $4^h 22' 17'',7$ { temps moyen, le
13 au matin.

M. de Humboldt à Cumana $11^h 56' 18'',7$

Cumana de Paris $4^h 25' 59''$

M. Flaugergues³ observa l'immersion à Viviers à $4^h 41' 35''$ { temps moyen,
le 13 novemb.

M. de Humboldt à Cumana $11^h 56' 18'',7$

Cumana à l'ouest de Viviers $4^h 35' 16'',3$

Viviers à l'est de Paris $9' 24''$

Cumana à l'ouest de Paris $4^h 25' 52'',3$

Ainsi, nous trouvons :

par l'observation de Triesneker $4^h 25' 52''$

Méchain $4^h 25' 59''$

Flaugergues $4^h 25' 52'',3$

Terme moyen, $4^h 25' 54'',4$

¹ Ephemerides astronomie, 1802, p. 264.

² Bode, Astronomisches Jahrbuch, 1804, p. 182.

³ Connaissance des temps pour l'an XIII, p. 404.

Triesneker remarque que les bandes de Jupiter étoient à peine visibles. Méchain et Flaugergues disent avoir observé dans des circonstances favorables; le dernier déclare son observation *bonne*.

Ainsi, les observations des occultations des satellites de Jupiter fixent la longitude de Cumana de la manière suivante:

Immersion du 1 ^{er} satellite, 7 novembre 1799	$4^h 26' 21''$	Observations correspondantes.
du 2 ^e 13 septembre 1800	$25' 24''$	Comparée aux tables.
du 1 ^{er} 26 septembre	$25' 57''$	
Émersion du 4 ^e 27 septembre	$24' 58''$	
du 5 ^e 28 septembre	$25' 18''$	
Immersion du 3 ^e 5 octobre	$25' 42''$	
du 1 ^{er} 28 octobre	$26' 7''$	
Émersion du 3 ^e 3 novembre	$24' 55''$	Observations correspondantes.
Immersion du 2 ^e 9 novembre	$25' 58''$	Comparée aux tables.
du 1 ^{er} 12 novembre	$25' 54''$	Observations correspondantes.
Terme moyen, $4^h 25' 37''$		

En excluant l'observation du 27 septembre 1800 et celle du 9 novembre, dont la première se fit durant le crépuscule du matin, et la dernière est indiquée comme très-médiocre, le terme moyen sera $4^h 25' 42''$.

Les observations correspondantes donnent les résultats suivans:

Immersion du 2 ^e satellite, 7 novemb. 1799	$4^h 26' 21''$	Observation bonne.
Emersion du 3 ^e satellite, 5 novemb. 1800	$24' 55''$	Valeur de l'observation non déterminée.
Immersion du 1 ^{er} satellite, 12 novemb.	$25' 54''$	Très-bonne observation.

Terme moyen, $4^h 25' 43''$

et en excluant l'observation moins certaine du 5 novembre, $4^h 26' 8''$.

Les observations pour lesquelles nous manquons de correspondantes ont toutes été comparées avec les tables non corrigées de Delambre. Pour en découvrir les erreurs, je comparai plusieurs émersions observées avec celles fixées par le calcul. Pour le premier satellite, la différence des tables étoit presque égale à zéro; du moins se pouvoient-elles tout aussi souvent en moins qu'en plus, comme le prouve le tableau que nous allons présenter.

Différence des tables de Delambre aux observations.

1800.		
27 septembre, à Marseille. . .	+ 12"	Observation bonne.
. à Paris.	- 18"	Télescope agité.
30 octobre, à Marseille. . . .	+ 4"	Observation bonne.
. à Paris.	- 29"	Ciel très-serein.
5 novembre, à Marseille. . . .	+ 20"	Lumière du satellite pâle.
12 nov., à Paris, Vienne, Viviers.	- 6" ¹ / ₂	Observation bonne.
14 novembre, à Prague.	+ 5"	Observation bonne.
19 novembre, à Prague.	+ 17"	Observation bonne.
21 novembre, à Vienne.	- 8"	Observation bonne.
28 novembre, à Paris.	- 16"	Ciel serein; le disque de Jupiter ondoyant.

Somme des différences, - 19"; en terme moyen, - 2",1. De sorte que la correction seroit + 2".

M. Delambre a bien voulu comparer lui-même avec ses tables quelques-unes des observations d'occultations de satellites de Jupiter faites par M. de Humboldt. Ce grand astronome remarque que les tables ont donné, du 27 septembre au 27 octobre, 7" à 8" d'erreur. Je n'entreprends point d'employer une correction; je regarde les tables comme étant sans aucune erreur.

Le défaut d'observations m'a empêché de déterminer l'erreur des tables pour les deux derniers satellites. Le 29 août 1800, elles donnoient pour le second satellite, d'après les observations de MM. Méchain et Flaugergues, 66" et 16"; et ainsi en terme moyen, 41" en moins. C'est ce nombre de 41" que j'ai ajouté au résultat de l'observation du 12 septembre 1800.

Les observations des satellites nous donnent par conséquent la longitude de Cumana de la manière suivante:

	1 ^{er} SATELLITE.	2 ^e SATELLITE.	3 ^e SATELLITE.	4 ^e SATELLITE.	
1799. 7 nov. Imm.		4 ^h 26' 21"			
1800. 12 sept. Imm.		25' 5"			
26 sept. Imm.	4 ^h 25' 57" ¹				
27 sept. Emer.				4 ^h 24' 58" ¹	dans le crépuscule.
28 sept. Emer.			4 ^h 25' 18"		
5 oct. Imm.			25' 42" ¹		
28 oct. Imm.	4 ^h 26' 7" ⁵				
5 nov. Emer.			24' 55" ¹		point de remarque.
9 nov. Imm.		25' 58"			été-médiane.
12 nov. Imm.	4 ^h 25' 54" ⁴				
Terme moyen.	4 ^h 25' 59" ¹	4 ^h 26' 13" ¹	4 ^h 25' 18"	4 ^h 24' 58" ¹	

sans l'observation
de 9 novembre.

Je me borne aux observations du premier et du deuxième satellite, et j'en déduis la longitude de *Cumana* 4^h 26' 6".

L'éclipse de lune du 2 octobre 1800 fut visible à *Cumana*. M. de Humboldt avoit pris toutes les mesures nécessaires pour en faire l'observation; mais les pluies continuelles l'en empêchèrent. La lune (dit M. de Humboldt) ne parut que pendant quelques secondes entre des nuages d'une noirceur épouvantable. J'avois placé le quart de cercle pour la faire passer par le fil horaire et vertical, pour prendre des différences d'azimuths et de hauteurs; mais en vain. J'observai seulement qu'à 7^h 31' 30" du chronomètre, l'ombre avoit déjà quitté le *mare crisium*. Elle étoit au moins à 1' en arc au-delà. La fin de l'éclipse me parut, à travers un nuage à demi-transparent, à 7^h 37' du chronomètre.

J'ai essayé de comparer l'observation de la fin de l'éclipse avec les observations de Triesneker, de Bürg et de Flaugergues; j'en ai déduit une longitude de *Cumana* au-delà de 4^h 32', d'où il suit que M. de Humboldt a cru la fin de beaucoup trop tôt. Aussi, je n'ai fait aucun usage d'une observation à laquelle notre voyageur même n'a attaché aucun prix.

En réunissant dans un même tableau tout ce que nous avons découvert jusqu'à présent sur la longitude de *Cumana*, nous aurons:

1 ^o par le chronomètre.	4 ^h 26' 4"
2 ^o par les distances lunaires. . . .	25' 32",5
3 ^o par l'éclipse de soleil.	25' 45"
4 ^o par les satellites de Jupiter. . .	26' 6"
Longitude de Cumana, ...	4 ^h 25' 52"

Je crois, d'après les remarques du manuscrit original, que l'observation des distances lunaires du 7 août 1799 n'est pas très-exacte.

Selon mon opinion particulière, les résultats suivans sont les plus sûrs :

1 ^o par l'éclipse solaire, d'après Bürg, Laplace, Delambre et Zach. 4 ^h 25' 51",1	
2 ^o par le chronomètre.	26' 4"
3 ^o par les occultations des satellites de Jupiter.	26' 6"

Termes moyen, 4^h 26' 0",4

Après toutes ces discussions, je fixerai la longitude de Cumana en nombre rond à 4^h 26' 0" ou 66° 30' 0" à l'ouest de Paris.

Cette longitude n'est même que de 15^d différente de celle que nous eussions obtenue, en prenant le terme moyen de toutes les observations, sans nous permettre aucun choix¹.

M. de Humboldt a fait beaucoup de recherches pour comparer le résultat de ses observations avec celles qui ont été faites par les navigateurs espagnols. Je vais réunir ici les diverses remarques que je trouve sur cet objet dans les manuscrits qui m'ont été confiés :

« Mes observations (écrit M. de Humboldt, en août 1799) sont dans
 « une grande harmonie avec celles qui ont été faites par *Fidalgo*. Les deux
 « capitaines de vaisseau *Don Cosme Churruca* et *Don Joaquín Francisco*
 « *Fidalgo*, vinrent, en 1793, sur quatre brigantins munis de cinq chro-
 « nomètres, et d'excellens quarts de cercle de Ramsden, de théodolites
 « et de sextans, sur les côtes de l'île de la Trinité. Le gouvernement les
 « avoit chargés de construire un atlas de l'Amérique méridionale, semblable

¹ Nous avions trouvé :

1 ^o par le chronomètre.	4 ^h 26' 4"
2 ^o par l'éclipse solaire.	25' 45"
3 ^o par les distances lunaires. . . .	25' 32",5
4 ^o par les satellites de Jupiter. . .	25' 37",4
Termes moyen, ...	4 ^h 25' 43"

" à celui de Tofiño. *Fidalgo* et *Churruca* travaillèrent en commun pendant huit mois. Toutes leurs longitudes furent fixées par les chronomètres. Ils déterminèrent tous deux, par le transport du temps de Cadix, la longitude de la *Punta de la Galera*, qui est le Cap nord-est de la *Trinité* et du château de *Saint-André*, au *Puerto de España*. C'est par ce dernier château qu'ils firent passer le premier méridien de l'Amérique espagnole, auquel ils rapportèrent ensuite toutes les autres positions. Le château *Saint-André* étoit alors le point le plus oriental des colonies espagnoles dans le Nouveau-continent. Mais le premier méridien et les copies des cartes de ces navigateurs tombèrent bientôt entre les mains des Anglois. *Churruca* et *Fidalgo* se séparèrent à l'île de la *Trinité*. Le premier se porta au nord pour fixer la position des Antilles, qui, sur la carte de *Jefferys*, se trouve souvent fautive de trois à quatre minutes en latitude. *M. Fidalgo*, accompagné de deux habiles observateurs, *Noguera* et *Tiscar*, leva le plan des côtes de la *Terre-Ferme*, depuis la *Bouche du Dragon* jusqu'à *Porto-Bello*. Il n'y eut pas une anse qui échappât à leurs recherches; toutes furent sondées scrupuleusement. Il n'existe pas de relèvement de côtes qui soit fait avec plus d'exactitude. La guerre et le manque de fonds interrompirent ce travail important pour toutes les nations. *Churruca* ne put achever ses opérations dans l'archipel de *Antilles*.

" Peu de semaines après mon arrivée à *Cumana*, je vis un plan d'une partie du golfe de *Cariaco*, où la remarque suivante fixa mon attention : " Le château *St.-Antonio* à *Cumana* est situé à $10^{\circ} 27' 41''$ de latitude, et, selon le chronomètre de *Don Jaquin Francesco Fidalgo*, $2^{\circ} 41' 25''$ à l'ouest de *Puerto de España*, dans l'île de la *Trinidad*, premier méridien de l'Amérique espagnole. Cette observation me faisoit connoître une petite différence de $4''$ entre ma détermination de latitude et celle de *Fidalgo*; mais je demeurai plus d'un mois dans une incertitude pénible sur la longitude de *Cumana*, parce que j'ignorois la position absolue de *Puerto de España*. Heureusement, un jeune homme qui avoit servi de pilote auprès de *Fidalgo*, trouva dans ses papiers une note d'après laquelle la *Punta de la Galera* étoit située à $37^{\circ} 32''$ à l'est de *Puerto de España*; la longitude de *Puerto de España* étoit, d'après cette même note, de $55^{\circ} 16' 32''$ à l'ouest de Cadix. D'après cette supposition, la longitude de *Cumana* seroit, d'après *Fidalgo*, $4^{\text{h}} 26' 16''$. Mon chronomètre indiquoit $4^{\text{h}} 26' 4''$, ou plutôt $4^{\text{h}} 1' 56'' = 60^{\circ} 29'$ pour la différence de méridiens entre *Cumana*

“ et Madrid. Je transportois le temps de Madrid, M. Fidalgo transportoit celui de Cadix à Cumana. Par conséquent, les longitudes absolues de Cadix et de Madrid, incertaines de 7" à 8" en temps, doivent aussi influencer sur la différence qui existe encore entre mon résultat et celui qu'ont obtenu les astronomes espagnols. „

Lorsqu'en 1801, M. de Humboldt arriva à Carthagène des Indes, un heureux hasard lui fit rencontrer l'expédition commandée par M. Fidalgo. Ce digne officier, MM. Noguera et Tiscar, accueillirent notre voyageur avec la franchise qui caractérise le vrai mérite. M. de Humboldt eut l'avantage de pouvoir comparer ses observations avec celles des navigateurs espagnols. Il lui importoit infiniment de s'assurer bien de la vraie position des villes de *Cumana*, de *Nueva-Barcelona*, de *Caraccas* et de *Porto-Cavello*, parce que toutes les observations astronomiques faites sur les rives de l'*Orénoque*, du *Rio-Negro* et du *Cassiquiare*, reposoient sur ces points. „ MM. Fidalgo et Noguera (marque M. de Humboldt pendant son séjour à Turbaco, en 1801) ont comparé, point pour point, leurs observations avec les miennes. Je craignois, je l'avoue, qu'un examen aussi rigoureux ne fût pas à mon avantage. Mais M. Noguera m'assure aujourd'hui, dans une lettre particulière, qu'il a été surpris de la grande harmonie qui s'est trouvée entre le garde-temps françois et les chronomètres anglois. L'expédition royale avoit quatre montres de longitude, soigneusement suspendues; elles ne quittoient pas les bâtimens, sur lesquels il étoit particulièrement défendu de tirer un coup de canon, pour ne pas déranger la marche des horloges. Mon garde-temps, de Louis Berthoud, au contraire, fut exposé à une multitude de secousses dans les voyages que je fis, tantôt à cheval, tantôt à pied, et sous l'influence d'une température assez variable. „

Le premier méridien du château de Saint-André de Puerto de España, dans l'île de la Trinité, fut tiré sur les cartes de Fidalgo et de Churrucá par 63° 58' 51" à l'ouest de Paris. Fidalgo fixa la longitude du château de Saint-Antoine à Cumana, à 66° 40'. Mais cet officier lui-même présume que cette longitude est trop grande de 3' en arc; des opérations qui lui sont particulières prouvent que la distance de Puerto de España à Punta de la Galea est de 3' plus petite que Churrucá l'avoit adoptée dans la détermination du premier méridien. D'après Fidalgo, le château de Saint-André devoit être de 63° 55' 51" à l'ouest de Paris; les opérations de Churrucá

le plaçoient plus à l'ouest. D'ailleurs, la plus grande différence qui se trouva entre les résultats donnés par les chronomètres de MM. Churrucá et Fidalgo n'excédoit pas 5' en arc; c'étoit le maximum de l'erreur des deux chronomètres dont la marche s'éloignoit le plus de celle des autres à la première vue de la Panta de la Galera.

M. Fidalgo même communiqua ces résultats à M. de Humboldt : ceux que M. Antillon a publiés dans l'analyse de son Atlas espagnol en diffèrent essentiellement. Ce savant géographe place Puerto España par $55^{\circ} 22' 44''$, et Cumana par $57^{\circ} 55' 12''$ à l'ouest de Cadix; ce qui donneroit pour la différence de méridiens entre Cumana et le premier méridien de l'Amérique espagnole, $2^{\circ} 32' 28''$, au lieu de $2^{\circ} 41' 9''$.

Selon les cartes du *Deposito hydrografico* de 1802, la longitude de Puerto España est de $55^{\circ} 16' 45''$ à l'ouest de Cadix, ou de $63^{\circ} 54' 22''$ à l'ouest de Paris, celle de Cumana est de $66^{\circ} 34' 37'' = 4^{\text{h}} 26' 18''$. Cette position se fonde aussi sur les opérations de l'expédition royale; mais elle est de 6' plus orientale que la longitude que M. Fidalgo communiqua à M. de Humboldt, pendant son séjour à Carthagène des Indes. Elle est d'accord à 18" près avec celle que je trouve par un milieu entre tous les résultats que m'ont donnés les observations de M. de Humboldt; mais, en considérant l'ensemble des méthodes qui ont été employées, il faudra avouer que la longitude de Cumana approche plus de $4^{\text{h}} 26' 6''$ que de $4^{\text{h}} 26' 18''$. M. Faden, dans sa carte spéciale de la Trinité, publiée en 1802, place Puerto-España par les $63^{\circ} 48' 47''$ de longitude. J'ignore sur quelle observation se fonde cette modification des résultats obtenus par les astronomes espagnols. Le géographe anglois assigne à Cumana la longitude de $63^{\circ} 48' 47'' + 2^{\circ} 41' 9'' = 66^{\circ} 29' 56''$, longitude qui est exactement la même que celle qu'a trouvée M. de Humboldt.

La carte qu'en 1804 le *Deposito hydrografico de Madrid* a publiée de l'Océan Atlantique, place Cumana $4^{\text{h}} 25' 50''$ à l'est de Paris. M. Antillon, dans l'analyse indiquée ci-dessus, fixe cette longitude à $4^{\text{h}} 26' 11''$, 3, en attribuant cette détermination à Fidalgo. Il suffit d'observer qu'elle est à-peu-près d'accord avec la nôtre, et que l'incertitude qui reste sur la longitude de Cumana ne paroît pas excéder quelques secondes, tandis qu'en 1792, elle étoit encore de trois quarts de degrés.

* Professeur au séminaire des nobles à Madrid.

M. de Humboldt, dans son journal de Cumana, cherchoit à lier ce port à *Portorico*, supposant cette dernière ville plus sûrement déterminée qu'elle ne me paroît l'être d'après mes dernières recherches.

“ J’ai vu (dit notre voyageur) une carte angloise de l’île de la Trinité, dressée d’après les observations des navigateurs espagnols. Pris, en 1800, sur les côtes de *Nueva-Barcelona*, par un corsaire de Halifax, je fus mené à bord de la frégate *le Hawke*, commandée par le capitaine *John Miller Garnier*. Cet officier très-instruit me fit cadeau des *Éphémérides* de Greenwich, dont j’avois besoin pour observer les satellites de Jupiter et les distances lunaires. Il me fit voir ses cartes, par lesquelles j’appris que les Anglois font passer le *premier méridien de la Trinidad* par $61^{\circ} 22'$ à l’ouest de Londres, ou $63^{\circ} 47' 47''$ à l’ouest de Paris. L’occultation de α v. auroit-elle contribué à la position plus orientale de ce méridien? Je trouve effectivement sur une carte manuscrite de *Portorico* et des îles Vierges, dressée en 1798 par le pilote *Don Manuel Spinola*, la remarque intéressante, que Churrucá, par ses chronomètres, a fixé la capitale de *Portorico* à $4^{\circ} 34'$ à l’ouest du *premier méridien* de *Puerto España*. Or, selon le calcul de Lalande (*Conn. des temps*, an VII, p. 441), la longitude de *Portorico*, déduite de l’occultation de α v. le 21 octobre 1793, est de $68^{\circ} 22' 15''$; par conséquent, le premier méridien est à $63^{\circ} 48' 15''$, et Cumana à $66^{\circ} 29' 40''$. Ce résultat (ajoute M. de Humboldt) est presque identique avec celui que mon chronomètre de *Louis Berthoud* me donna lors de mon arrivée à Cumana. „

Il est important de discuter ici la longitude du premier méridien qui a été tracé sur les nouvelles cartes de l’Amérique espagnole.

M. de Humboldt admet pour la longitude de la capitale de *Portorico*, $4^{\text{h}} 33' 29''$. Mais mes dernières recherches me donnent, après plusieurs comparaisons, $4^{\text{h}} 34' 14'' = 68^{\circ} 33' 30''$. Il résulte de l’occultation de α v., observée le 21 octobre 1793, $4^{\text{h}} 34' 23''$ d’après mon calcul, $4^{\text{h}} 34' 7''$ d’après Wurm, et $4^{\text{h}} 34' 10''$, 3 d’après Triesncker. Churrucá fixe la différence des méridiens de *Portorico* et *Puerto-España* à $4^{\circ} 35' 15''$; de sorte que la longitude du dernier point seroit $63^{\circ} 58' 15''$. J’ai comparé, en outre, plus de vingt suites de distances lunaires observées par *Don Juan de Ferrer*,

* Sur cette carte, *Spinola* place *Portorico* par $59^{\circ} 57'$ de longitude à l’ouest de Cadix, ou $68^{\circ} 34' 37''$ de Paris.

* *Almanach de Cadix*, 1804, p. 215.

avec les tables corrigées sur les observations de Greenwich; j'ai lié Portorico à la Havane, à Vera-Cruz, au cap Samana et au cap François; le terme moyen de toutes ces comparaisons me donna la longitude que nous venons d'indiquer, $68^{\circ} 33' 30''$. Je publierai en son temps les calculs qui justifient cette position; pour le moment il suffit de les indiquer.

D'après les observations de Chabert et de M. de Humboldt, la *Pointe des Sables* de l'île de Tabago est à $4^{\text{h}} 12' 36'' = 63^{\circ} 9' 0''$ de Paris¹. Le capitaine Machuca, se trouvant dans le méridien de la Punta de la Galera, releva, en 1799, la *Pointe des Sables* de Tabago au nord-est, quart et demi au nord, c'est-à-dire, à $28^{\circ} 8'$ du pôle nord vers l'est. La distance des deux caps est, selon la *Carte des Antilles* (*Deposito hydrografico*, 1802), $17''$. Ainsi, la longitude de la Punta de la Galera seroit $63^{\circ} 17' 0''$. Si nous y ajoutons $37' 32''$, nous aurons pour Puerto España $63^{\circ} 54' 32''$. Quoique cette position s'accorde assez exactement avec celle qu'ont déterminée les navigateurs espagnols, elle suppose quelques conditions dont nous ne pourrions garantir la justesse. D'abord, on pourroit demander si Machuca se trouvoit fort près de la Punta de la Galera, lorsqu'il releva la *Pointe des Sables*. Ensuite, si les deux caps ne sont pas éloignés l'un de l'autre de plus de $17'$. L'angle du relèvement aura-t-il été corrigé assez exactement par la déclinaison de l'aiguille aimantée? J'attache, je l'avoue, beaucoup plus d'importance au résultat obtenu par la comparaison avec Portorico. Cette confiance que j'ai dans les travaux de Ferrer, de Churrua et de plusieurs autres navigateurs espagnols, est justifiée par l'harmonie que présentent les résultats de leurs observations. Je fixe, par conséquent, le premier méridien de l'Amérique espagnole au port d'Espagne de l'île de la Trinité à

	63° 58' 15" à Fouet de Paris.
Cumana	66° 30' 0"
Différence	2° 31' 45"
Selon M. Antillon.	2° 32' 28"

Les astronomes seront en état d'apprécier le degré de confiance que mé-

¹ M. de Humboldt ne détermina proprement que le cap oriental de Tabago; j'ai calculé par ce moyen la *Pointe des Sables*, en prenant la distance de ces deux caps d'après la carte de Fidalgo. Les longitudes ne diffèrent que de 2 à 20 en temps. En attendant, j'ai admis la détermination de Chabert, parce que celui-ci observa à l'endroit même.

² Sur la côte de l'Amérique méridionale, on la croit plus grande.

rite ma détermination de la longitude de Cumana. J'ai indiqué en détail tous les élémens du calcul. Le peu de différence qu'offrent les résultats obtenus par tant de voies différentes, prouve sans doute la bonté des observations dont nous avons fait usage.

Il est surprenant que sur les cartes les plus nouvelles, la latitude de Cumana soit plus fautive que sa longitude. Cette erreur est très-ancienne ; elle a probablement sa cause dans les courans qui, sur la côte de Paria, et particulièrement dans les environs de la Bouche du Dragon, portent vers le nord. Les navigateurs se croyent beaucoup plus au sud qu'ils ne le sont en effet ; ils gouvernent plusieurs jours de suite sud-ouest, tandis que le courant les pousse au nord. Sur la carte infiniment rare, dressée en 1529 par *Diego Ribero*, cosmographe de l'empereur Charles-Quint, la latitude de Cumana fut fixée à 9° 30'. Cette position trop méridionale s'est long-temps maintenue sur nos cartes, comme on peut le voir par le tableau suivant.

C U M A N A.	LONGITUDE.	LATITUDE NORD.
BARREDA, carte manuscrite.	66° 59'	10° 5'
CAYMAXI, carte manuscrite.	66° 40'	10° 16'
LA CRUZ OLMEDILLA, <i>mapa geog.</i> 1775.	66° 35'	10° 36'
BONNE.	66° 44'	10° 22'
Carte de l'Océan Atlantique, 1792. .	65° 45'	9° 52'
JEFFERY'S compleat pilot. 1794. . .	65° 4'	10° 0'
<i>Idem</i> , édition de 1783.	66° 47'	10° 14'
ARROWSMITH West Indies, en 4 f. 1803.	66° 56'	10° 22'
D'ANVILLE, Amérique méridionale. .	66° 50'	10° 18'
CAULIN, carte de l'Orénoque. . . .	66° 41'	10° 28'
HUMBOLDT.	66° 50'	10° 27' 49"

Il est important de remarquer, à la fin de cet article, que M. de Humboldt a observé à Cumana, avant son voyage à Caraccas, dans la maison de *Pedro Coronado*, sur la grande place près du pont du *Manzanario*, au nord-est du château de *Saint-Antoine*. Depuis le retour de l'Orénoque, ou depuis le mois d'août 1800, notre voyageur observa dans la maison de *Don Pasqual Martinez*, éloignée de plus de 370 mètres du pont de *Manzanario*.

S A L I N E D' A R A Y A.

Près du château d'Araya, la mer forme un bassin et une saline. Cette circonstance a donné lieu à une faute qui défigure la carte du *Deposito hydrografico*. L'isthme en face du port de Cumana y paroît coupé par un canal. Ce canal existe aussi peu que la grande île que Martin Suarez, comme nous l'avons dit plus haut, a tracée au milieu du port.

Le 19 août 1799, après midi, M. de Humboldt observa, avec le petit sextant de Troughton de deux pouces, la mer servant d'horizon, et l'œil élevé à 12 pieds au-dessus de son niveau, quelques hauteurs du soleil pour fixer chronométriquement la longitude d'Araya. La latitude fut supposée de $10^{\circ} 42'$ nord.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR de bord inférieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
$17^{\circ} 56' 50''$	$8^h 48' 38''$	$18^{\circ} 6' 38''$	$4^h 54' 50'',0$	$5^h 54' 8'',0$
$17^{\circ} 26' 50''$	$8^h 50' 59''$	$17^{\circ} 56' 54''$	$4^h 56' 54'',5$	$4'',7$
$17^{\circ} 7' 50''$	$8^h 52' 5''$	$17^{\circ} 17' 51''$	$4^h 57' 55'',0$	$10'',0$
$16^{\circ} 56' 50''$	$8^h 54' 0''$	$16^{\circ} 46' 26''$	$4^h 59' 49'',1$	$10'',0$
$16^{\circ} 20' 50''$	$8^h 55' 15''$	$16^{\circ} 30' 25''$	$5^h 1' 7'',8$	$7'',2$
$16^{\circ} 5' 50''$	$8^h 56' 5''$	$16^{\circ} 13' 20''$	$5^h 2' 18'',5$	$55' 46'',7$

Termes moyen des cinq premières observations, $5^h 54' 8'',2 = 5,91785$

Equation du temps, — $5' 12'',1$

Avance sur le temps moyen, $5^h 50' 56'',1$

Nous avons déjà vu que l'avance de l'horloge étoit à Cumana, le 24 août, à $7\frac{1}{2}$ heures du matin, $= 3^h 50' 16'',1$, et la marche diurne, $7'',0$ en retard sur le temps moyen.

* Je crois qu'il faut lire, $8^{\circ} 56' 55''$, au lieu de $8^{\circ} 56' 5''$.

* Soit ϕ la hauteur polaire, δ la déclinaison, et t l'angle horaire; alors

$$\Delta t = \left\{ \frac{\tan \delta - \tan \phi \cos t}{\sin t} \right\} \Delta \phi \text{ ou exprimé en temps } \frac{\Delta t}{15} = \left\{ \frac{\tan \delta - \tan \phi \cos t}{\sin t} \right\} \Delta \phi$$

Le signe du coefficient de $\Delta \phi$, exprime l'augmentation de la hauteur polaire, et donne la variation en parties de l'arc et non en temps.

Nous avons trouvé pour la saline d'Araya, le 19 août, à cinq heures après midi :

L'avance sur le temps moyen. 5^h 50' 56",1
 Retard durant 4 jours 15 heures. 52",4
 Ainsi, le 24, à 7 $\frac{1}{2}$ heures. 5^h 50' 25",7 à Araya.
 Cumana au même temps. 5^h 50' 16",1
 Araya à l'ouest de Cumana. 7",6 en temps = 1' 54" en arc.

Or, la longitude de Cumana. = 66° 50' 0"
 Cumana distant d'Araya. 1' 54"
 Longitude de la saline d'Araya. = 56° 51' 54" à l'ouest de Paris.

Fidalgo trouva pour la différence des méridiens 4",6 en temps.

Voyage dans l'intérieur de la NOUVELLE-ANDALOUSIE.

CERRO DEL IMPOSSIBLE,

Dans la chaîne des montagnes qui séparent la côte des Llanos.

Ce point est très-important pour la défense militaire du pays, au cas que Cumana fût pris par l'ennemi.

Observatoire : *Casa de la Polvora*. Hauteur du baromètre, 26^{es} 6',5. Température, 23° 75 centigrade. Élévation de la Casa de la Polvora au-dessus du niveau de la mer, 514^m,9 (258^l)

Détermination du temps.

Le 4 septembre 1799, après midi. Sextant de deux pouces de Throughton.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR du bord inférieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
11° 51' 50"	9 ^h 27' 25"	6° 4' 30"	5 ^h 40' 13",1	3 ^h 47' 9",0
11° 16' 50"	9 ^h 28' 40"	5° 46' 47"	5 ^h 41' 59",5	10",7
10° 59' 50"	9 ^h 50' 2"	5° 27' 55"	5 ^h 42' 46",5	15",5
9° 35' 50"	9 ^h 52' 15"	4° 54' 9"	5 ^h 45' 4",6	10",4

Terme moyen $3^h 47' 11''.6$ Equation du temps $+ 1' 19''.8$ Avance sur le temps moyen $3^h 48' 31''.4 + 0,10826$ Latitude supposée du Cerro del Imposible (Casa de la Polvora) de $10^{\circ} 26'$ nord.*Longitude.**Cerro del Imposible*, $66^{\circ} 26' 8''$ à l'ouest de Paris.

SAN FERNANDO,

Mission ou village indien dans le chemin de Cumana à Cumanacoa.

Hauteur du baromètre, à six heures du matin, $27^{\text{re}} 6,3$. Température, $18^{\circ},75$ centigrade. Hauteur au-dessus du niveau de la mer, 182^{m} ($93^{\text{h}} 5$.)

Le 6 septembre 1799.

Détermination du temps.

Sextant de deux pouces de Troughton. Avant midi.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS de CHRONOMÈTRE.	VERNE HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
$57^{\circ} 52' 30''$	$11^h 37' 59''$	$28^{\circ} 59' 8''$	$7^h 52' 6''.3$	$3^h 45' 29''.7$
$52^{\circ} 39' 30''$	$11^h 39' 5''$	$29^{\circ} 2' 59''$	$7^h 55' 45''.0$	$20''.0$
$59^{\circ} 18' 30''$	$11^h 40' 28''$	$29^{\circ} 22' 10''$	$7^h 55' 4''.4$	$25''.6$
$60^{\circ} 0' 30''$	$11^h 41' 56''$	$29^{\circ} 43' 11''$	$7^h 56' 29''.9$	$26''.1$
$60^{\circ} 21' 30''$	$11^h 42' 39''$	$29^{\circ} 53' 41''$	$7^h 57' 12''.7$	$26''.3$

Terme moyen, $3^h 45' 25''.1$ Equation du temps, $+ 1' 51''.3$ Avance sur le temps moyen, $3^h 47' 16''.4 - 0,02726$ Latitude supposée de $10^{\circ} 21'$ nord.*Longitude.**San Fernando*, $66^{\circ} 11' 25''$.

CUMANACOA,

Petite ville, remarquable par l'excellente qualité du tabac qui est cultivé

dans les environs. Le nom espagnol est *San Balthasar de las Arias*. La ville (ciudad) fut fondée en 1717.

Observatoire: *Casa de Don Juan Sanchez*. Hauteur du baromètre, 27^{re} 4,7. Température, 22°,5 centigrade. Élévation au-dessus du niveau de la mer, 235^m. (120, 46.)

Détermination de la latitude.

Le 9 septembre 1799. Sextant de Ramsden.

OBSERVATIONS.		VRAIE HAUTEUR.	DISTANCE du MÉRIDIEN à L'OUEST.	LATITUDE NORD.
DOUBLE HAUTEUR de FOMALHAUT.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.			
97° 25' 12"	1 ^h 48' 56"	48° 40' 57"	+ 5° 45' 5"	10° 16' 5"
97° 11' 12"	1 ^h 51' 27"	48° 34' 57"	+ 6° 27' 57"	10° 16' 19"

Terme moyen, 10° 16' 11"

Culmination de Fomalhaut au chronomètre, 1^h 25' 59^s 1/2.

Ascension droite apparente, 5^h 41° 58' 25",7.

Déclinaison apparente, 5° 40' 45",5 sud.

Détermination du temps.

Le 8 septembre, avant midi. Sextant de Ramsden.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR du bord inférieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VRAIE HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
100° 40' 52"	1 ^h 7' 0"	50° 58' 50"	9 ^h 22' 5",5	5 ^h 44' 54",7
101° 20' 12"	1 ^h 8' 9"	50° 55' 30"	9 ^h 25' 15",3	55",7
101° 57' 12"	1 ^h 9' 29"	51° 14' 16"	9 ^h 24' 29",7	50",5
105° 14' 12"	1 ^h 16' 3"	51° 52' 53"	9 ^h 31' 10",4	52",6
105° 42' 57"	1 ^h 16' 50"	55° 6' 56"	9 ^h 32' 9",0	41",0
106° 29' 32"	1 ^h 18' 37"	55° 50' 14"	9 ^h 33' 44",0	53",0
107° 24' 52"	1 ^h 20' 30"	55° 57' 54"	9 ^h 35' 57",0	55",0
107° 50' 57"	1 ^h 21' 22"	54° 10' 57"	9 ^h 36' 50",1	51",9
108° 15' 22"	1 ^h 22' 12"	54° 25' 9"	9 ^h 37' 19",9	52",0
108° 52' 52"	1 ^h 23' 36"	54° 41' 45"	9 ^h 38' 35",8	60",2
109° 17' 3"	1 ^h 24' 19"	54° 54' 0"	9 ^h 39' 25",8	55",3

Caullin, *Hist. cartographique*, p. 309.

Terme moyen sans les 5^e et 10^e observations, 3^h 44' 55",9

Equation du temps, + 2' 55",4

Avance sur le temps moyen, 3^h 47' 27",3

J'ai exclu les deux observations marquées (:), parce qu'elles s'écartoient trop du terme moyen. Le manuscrit désigne les huit dernières observations comme *bonnes* et *très-bonnes*. En excluant les deux qui sont suspectes, on auroit pour l'accélération, 3^h 47' 25",7. Ce résultat me paroît le plus sûr, et je m'y arrête.

Le 9 septembre, au soir. Sextant de Ramsden.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de WEGA.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de WEGA.	TEMPS MOYEN.	AVANCE.
100° 5' 52"	1 ^h 7' 6"	50° 0' 48"	9 ^h 20' 12",8	3 ^h 46' 53",2
99° 55' 42"	1 ^h 8' 41"	49° 46' 38"	9 ^h 21' 45",3	46' 55",7
99° 10' 52"	1 ^h 10' 0"	49° 54' 48"	9 ^h 22' 57",3	47' 27",7
99° 58' 22"	1 ^h 11' 57"	49° 18' 57"	9 ^h 24' 58",9	46' 58",1

Terme moyen. Avance sur le temps moyen, 3^h 46' 57",4

Ascension droite apparente de Wega, = 277° 52' 20",7.

Déclinaison, = 58° 56' 29",9 nord.

Longitude.

Cumanacoa, 66° 18' 50" à l'ouest.

CERRO DEL COCOLLAR.

Observatoire : *Hacienda de Don Mathias Yturburi*, sur une montagne assez élevée. Hauteur du baromètre, 25^m 7",0. Température, 21°,25 centig. Élévation au-dessus du niveau de la mer, 830^m (426^h)

Détermination de latitude.

Le 12 septembre. Sextant de Ramsden.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de Deneb ou α du Cigne.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de DENE.	RÉDUCTION de la HAUTEUR.	HAUTEUR ou MÉRIDIEN.
111 ^a 6' 27"	0 ^h 44' 32"	55 ^a 32' 43"	2' 50",2	55 ^a 35' 33"
111 ^a 7' 42"	0 ^h 46' 57"	55 ^a 33' 20"	1' 25",6	34' 56"
111 ^a 10' 52"	0 ^h 48' 59"	55 ^a 34' 55"	0' 2",0	34' 58"
111 ^a 11' 12"	0 ^h 52' 19"	55 ^a 35' 5"	0' 0",7	35' 6"
111 ^a 10' 52"	0 ^h 56' 59"	55 ^a 34' 55"	0' 41",5	35' 57"
111 ^a 5' 22"	1 ^h 0' 35"	55 ^a 32' 10"	2' 25",9	34' 56"
111 ^a 3' 42"	0 ^h 1' 57"	55 ^a 31' 20"	3' 22",1	34' 43"

Terme moyen, 55^a 35' 4",1Déclinaison, 44^a 43' 24",1Latitude, 10^a 9' 28" nord.Ascension droite apparente de Deneb, le 12 septembre, 50^a 59' 9",5.Déclinaison apparente, 44^a 34' 44",1 nord.Culmination au chronomètre, 0^h 52' 52".

La grande clarté de la lune rendit l'observation difficile; cependant, elle est déclarée *bonne*.

Le 13 septembre. Deux hauteurs de Deneb. « Observation moins bonne que celle du 12. »

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de DENE.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de DENE.	DISTANCE du MÉRIDIEN.	LATITUDE.
110 ^a 41' 32"	0 ^h 50' 0"	55 ^a 20' 15"	4 ^a 40' 9"	10 ^a 8' 46"
110 ^a 57' 52"	0 ^h 54' 39"	55 ^a 28' 25"	3 ^a 30' 10"	10 ^a 10' 47"

Terme moyen, 10^a 9' 46"Selon l'observation du 12, 10^a 9' 28"Latitude du Cocollar, 10^a 9' 37"

Détermination du temps.

Le 13 septembre, avant midi. Sextant de Ramsden.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR du bord inférieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VRAIE HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
56° 11' 57"	10h 53' 49"	18° 19' 57"	7h 11' 51",0	5h 41' 58",0
56° 45' 42"	10h 54' 59"	18° 56' 41"	7h 15' 1",2	57",8
57° 4' 52"	10h 55' 57"	18° 46' 17"	7h 15' 40",4	56",6
57° 27' 57"	10h 56' 22"	18° 57' 41"	7h 14' 26",8	55",2
57° 46' 52"	10h 56' 59"	19° 7' 9"	7h 15' 5",5	55",7

Terme moyen, 5h 41' 56",3

Equation de temps, + 4' 14",8

Avance sur le temps moyen, 5h 46' 11",1

Longitude.

Cerro del Cocollar, 66° 19' 21" à l'ouest.

SAN ANTONIO,

Mission ou village indien dans une vallée dans laquelle le baromètre se soutint à 26^{re} 8',2. Température, 18°,75 centigrade. Élévation au-dessus du niveau de la mer, 455, m-8 (233, m-8.)

Détermination du temps.

Le 15 septembre, après midi. Sextant de Ramsden.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR du bord inférieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VRAIE HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
58° 36' 27"	8h 25' 7"	19° 52' 10"	4h 42' 54",3	5h 40' 52",7
57° 54' 12"	8h 24' 53"	19° 10' 58"	4h 44' 1",6	51",4
56° 47' 52"	8h 26' 49"	18° 57' 46"	4h 46' 16",5	52",5
56° 11' 52"	8h 28' 3"	18° 19' 44"	4h 47' 29",8	53",2
55° 52' 52"	8h 28' 40"	18° 10' 10"	4h 48' 8",6	51",4
55° 56' 42"	8h 29' 12"	18° 2' 7"	4h 48' 41",4	50",6
55° 18' 2"	8h 29' 47"	17° 52' 45"	4h 49' 19",4	27",6

Terme moyen des 6 premières observations, $5^h 40' 52''.4$

Equation du temps, $+ 4' 54''.6$

Avance sur le temps moyen, $5^h 45' 27''.0 + 0,009 \Delta \phi$.

Latitude supposée de San Antonio, de $10^{\circ} 10'$ nord.

Longitude.

San Antonio, $66^{\circ} 19' 6''$.

CARIPE,

Convent; chef-lieu des missions des Indiens Chaymas.

Observatoire: *Hospicio de los padres capuchinos Aragoneses.*

Hauteur du baromètre, $25^m 6^A$. Température, $18^{\circ},75$ centigrade. Élévation au-dessus du niveau de la mer, $839^m,7$ ($430, \pm 8$.)

Détermination de latitude.

Malgré les pluies continuelles, M. de Humboldt chercha à profiter des étoiles chaque fois qu'elles se présentent à travers les nuages. Les observations offrent peu d'harmonie entre elles. Nous tâcherons cependant d'en déduire la latitude du convent.

Le 19 septembre. Sextant de Ramsden.

Fomalhaut.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.			
DOUBLE HAUTEUR de FOMALHAUT.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	TRIPLE HAUTEUR de FOMALHAUT.	DISTANCE du MÉRIDIEN.	LATITUDE.	
$98^{\circ} 9' 52''$	$2^h 46' 57''$	$49^{\circ} 4' 17''$	$5^{\circ} 10' 46''$	$10^{\circ} 8' 7''$	
$98^{\circ} 3' 52''$	$2^h 48' 59''$	$49^{\circ} 1' 7''$	$5^{\circ} 41' 21''$	$8' 56''$	
$97^{\circ} 56' 27''$	$2^h 50' 40''$	$48^{\circ} 57' 34''$	$4^{\circ} 6' 40''$	$9' 15''$	

Latitude, terme moyen, $10^{\circ} 8' 45''$ nord.

Ascension droite apparente de Fomalhaut, $5^h 1^m 58^s 24''.0$.

Déclinaison apparente méridionale, $50^{\circ} 40' 44''.9$.

Culmination, au chronomètre, $2^h 34' 16''$.

Le 20 septembre. Sextant de Ramsdem.

Hauteurs de *Deneb* du Cygne près de la culmination.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.			REMARQUES du MANUSCRIT.
DOUBLE HAUTEUR de DENE.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VRAIE HAUTEUR de DENE.	RÉDUCTION de la HAUTEUR.	HAUTEUR au MÉRIDIEN.	
111° 16' 52"	0 ^h 18' 14"	55° 57' 45" $\frac{1}{2}$	+ 0' 0",2	55° 57' 46"	médiocres.
111° 17' 52"	0 ^h 22' 59"	55° 58' 15" $\frac{1}{2}$	0' 35",2	58° 51"	
111° 9' 52"	0 ^h 26' 50"	55° 54' 25" $\frac{1}{2}$	2' 59",1	57° 5"	bonnes.
111° 4' 17"	0 ^h 50' 22"	55° 51' 38"	4' 34",5	56° 12"	
110° 58' 52"	0 ^h 51' 47"	55° 28' 35" $\frac{1}{2}$	7' 16",0	56° 11"	

Termes moyen, 55° 57' 13"

Déclinaison boréale, 44° 54' 26",5

Latitude, 10° 11' 59" $\frac{1}{2}$ nord.

D'après les deux dernières observations, 10° 10' 59" nord.

Ascension droite apparente de *Deneb*, 508° 59' 7",5.

Déclinaison apparente, 44° 54' 26",5 nord.

Culmination, au chronomètre, 0^h 18' 26",5.

Le même jour, 20 septembre.

Hauteurs de *Fomalhaut* près de la culmination. Observation déclarée
très-bonne dans le manuscrit.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de FOMALHAUT.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VRAIE HAUTEUR de FOMALHAUT.	RÉDUCTION de la HAUTEUR.	HAUTEUR au MÉRIDIEN.
98° 16' 12"	2 ^h 56' 11"	40° 7' 27"	+ 1' 56",8	40° 9' 24"
98° 14' 52"	2 ^h 57' 58"	40° 6' 47"	2' 41",4	40° 9' 28" $\frac{1}{2}$

Termes moyen, 40° 9' 26",2

Déclinaison australe, 50° 40' 44",9

Hauteur équatoriale, 79° 50' 11"

Latitude, 10° 9' 49" nord.

Ascension droite apparente de *Fomalhaut*, 541° 58' 24",1.

Déclinaison apparente australe, 50° 40' 44",9.

Culmination, au chronomètre, 2^h 50' 17",5.

Nous trouvons par conséquent pour la latitude de *Caripe* les résultats suivants :

par les observations de Fomalhaut, le 19 septembre.	10° 8' 45" (sans détermination.)
Deneb, le 20.	10° 10' 39"
Fomalhaut, le 20.	10° 9' 49" (bonne.)
Latitude de Caripe, terme moyen,	10° 9' 44"
Par les observations du 20 seules,	10° 10' 14"

Détermination du temps.

Le 17 septembre, après midi. Sextant de Ramsden.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR du bord inférieur du SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
65° 33' 12"	7 ^h 29' 44"	52° 1' 50"	3 ^h 51' 14",7	5 ^h 38' 29",3
68° 57' 12"	7 ^h 50' 59"	51° 43' 29"	3 ^h 52' 28",0	51",0
62° 5' 27"	7 ^h 32' 45"	51° 17' 55"	3 ^h 54' 13",5	31",5
61° 14' 52"	7 ^h 52' 16"	58° 52' 16"	3 ^h 55' 56",6	50",4

Terme moyen, 5^h 38' 56",6

Equation du temps, + 5' 46",8

Avance sur le temps moyen, 5^h 44' 17",4

Le 18 septembre. Hauteurs correspondantes du soleil. Sextant de Ramsden.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE		HAUTEUR du bord inférieur du SOLEIL.	MIDI du chronomètre.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
0 ^h 13' 9"	7 ^h 2' 55"	76° 19' 12"	5 ^h 38' 1",0
0 ^h 14' 5"	7 ^h 1' 55"	76° 46' 52"	0",0
0 ^h 18' 41"	6 ^h 57' 27"	77° 0' 12"	4",0
0 ^h 20' 12"	6 ^h 55' 55"	79° 45' 12"	2",5
0 ^h 21' 10"	6 ^h 54' 55"	80° 15' 12"	2",5
0 ^h 22' 12"	6 ^h 53' 49"	80° 45' 12"	0",5
0 ^h 26' 45"	6 ^h 49' 21"	82° 16' 22"	2",0

Terme moyen, 5^h 38' 1",8

Correction, + 2",7

Equation du temps, + 6' 4",8

Avance sur le temps moyen, 5^h 44' 9",9

Longitude.

Couvent de Caripe, 66° 13' 47" à l'ouest.

Recherches sur la marche du garde-temps et sur la détermination des longitudes chronométriques.

Nous avons déjà vu qu'au mois d'août 1799, le retard diurne du chronomètre en repos sur le temps moyen étoit de $7''$,0. A Cumana, l'instrument étoit, à midi, le 26 août, de $3^h\ 49'\ 52''$,3 eu retard. M. de Humboldt commença, le 4 septembre, son voyage dans l'intérieur de la Nouvelle-Andalousie; ce jour-là le chronomètre devoit avoir été à midi en retard de $3^h\ 49'\ 52''$,3 — $9 \times 7'' = 3^h\ 48'\ 49''$,3, le retard diurne paroissant être de $7''$ jusqu'au 4 septembre.

Durant ce voyage, le retard diurne de l'horloge fut :

Le 9 septembre à Cumanacoa. . . $18''$,9.

Le 18 septembre à Caripe. . . $9''$,5.

Mais il faut remarquer qu'à Cumanacoa l'intervalle des observations fut d'un jour et demi, tandis qu'à Caripe cet intervalle ne fut que de 16 heures.

Nous avons indiqué plus haut la marche que l'horloge a suivie après le retour de Cumana.

L'observateur se plaint, en général, du temps défavorable, de la pluie et du brouillard qui nuisent si souvent à ses observations dans l'intérieur de la province de Cumana. Il se plaint encore plus des contrées montagneuses où se firent les opérations, et des secousses violentes qu'éprouvoit le chronomètre pendant la route. « Nous fîmes (dit M. de Humboldt) un voyage pénible dans cette saison des pluies. Les mulets sautoient d'une roche sur l'autre. Je doute qu'il y ait à Quito des routes qui égalent celles de la Montaña de S. Maria, de la forêt de S. Cruz et de la Cuchilla de Guanaguana. »

Les variations qu'a éprouvées la marche de l'horloge doivent par conséquent être attribuées aux sauts des mulets dans les routes montagneuses, particulièrement dans la fameuse descente de S. Maria, dans les endroits appelés *Sucamanteca* et *Purgatorio*.

Il paroît naturel d'admettre que le chronomètre n'a pris que successivement une nouvelle marche. Cette progression paroît d'autant plus devoir être attribuée aux secousses, que les routes deviennent plus mauvaises, à mesure qu'on s'éloigne du port de Cumana. Jusqu'à S. Fernando, on rencontre alternativement des collines et des vallées, dans lesquelles la température est

très-élevée. Au-delà de Cumanacoa s'étend un plateau couvert de graminées; on monte ensuite sans interruption jusqu'au Tumiriquiri par un sentier d'autant plus pénible, qu'il faut passer vingt-une fois le Rio de Cocollar. La route pour San Antonio passe par des forêts presque impénétrables. On trouve ensuite deux chaînes de montagnes, *los Peppes* et *el Fantasma*, dont l'escarpement est très-dangereux, même pour des mulets. Pour arriver de la vallée de San Antonio à celle de Caripe, il faut passer de nouveau par des défilés étroits. La température de Caripe étoit alors, le jour, de 17° à 18° , de nuit, de 14° à 16° du thermomètre de Réaumur.

Toutes ces circonstances me conduisent à l'idée d'une progression *successive* dans l'augmentation du retard du chronomètre. J'ai donc établi ce retard diurne au moment du départ de Cumana, $9''$; j'ai évalué l'effet des secousses dans les mauvaises routes, $2''$ au lieu de $1''$, que M. de Humboldt adoptoit d'après les expériences faites par M. Thulis, à Marseille. Par la même raison, le retard pour le 19 septembre a été fixé de $19'' + 2'' = 21''$, le chronomètre n'étant pas en repos. J'ai d'autant plus été porté à donner la préférence aux résultats des observations de Cumanacoa sur celles de Caripe, qu'à Cumana, *après le retour*, l'instrument en repos étoit de nouveau en retard de près de $19''$.

Admettant en progression arithmétique le passage de $9''$ à $21''$, je présente dans le tableau suivant la position de l'horloge pour le moment de midi à Cumana, depuis le 4 jusqu'au 18 septembre.

1799. Midi à Cumana. Accélération de l'horloge sur le temps moyen.

4 septembre. .	5h 48'	49",5
5.	5h 48'	59",4
6.	5h 48'	28",8
7.	5h 48'	17",2
8.	5h 48'	4",8
9.	5h 47'	51",6
10.	5h 47'	37",4
11.	5h 47'	22",5
12.	5h 47'	6",8
13.	5h 46'	50",2
14.	5h 46'	32",7
15.	5h 46'	14",4
16.	5h 45'	55",2
17.	5h 45'	55",5
18.	5h 45'	14",4

CERRO DEL IMPOSSIBLE.

L'avance fut trouvée au Cerro del Imposible :

Le 4 septembre, après midi, $5^h 48' 51''{,}4$	
Variation jusqu'au midi indiqué.	$\pm 2''{,}4$
Le 4 septembre, à midi, à l'Imposible.	$5^h 48' 53''{,}8$
à Cumana.	$5^h 48' 49''{,}3$
Cerro del Imposible à l'est de Cumana.	$15''{,}5$ ou $3' 52''$ en arc.
Longitude de Cumana.	$66^{\circ} 50' 0''$
Soustr.	$3' 52''$
Cerro del Imposible.	$66^{\circ} 26' 8''$

SAN FERNANDO.

Avance de l'horloge le 6 septembre, à 8 heures

avant midi.	$5^h 47' 16''{,}4$
Variation jusqu'à midi.	$- 1''{,}9$
Avance à San Fernando.	$5^h 47' 14''{,}5$
à Cumana.	$5^h 48' 28''{,}8$
San Fernando à l'est de Cumana.	$1' 14''{,}3$ ou $18' 55''$ en arc.
Longitude de San Fernando.	$66^{\circ} 11' 25''$

CUMANACOA.

a) Avance de l'horloge, le 8 septembre, à 9^h ^{m} ^{s} 6

avant midi.	$5^h 47' 25''{,}7$
Variation jusqu'à midi.	$- 1''{,}3$
Le 8 septembre, à Cumanacoa, à midi.	$5^h 47' 24''{,}4$
à Cumana.	$5^h 48' 4''{,}8$
Cumanacoa à l'est de Cumana.	$0' 40''{,}4$

β) Avance de l'horloge, le 9 septembre au soir,

à 9 ^h ^{m} ^{s} 4.	$5^h 48' 57''{,}4$
Variation jusqu'à midi du même jour.	$+ 5''{,}2$
Le 9, à midi, à Cumanacoa.	$5^h 47' 2''{,}6$
à Cumana.	$5^h 47' 51''{,}6$
Cumanacoa à l'est de Cumana.	$0' 40''{,}0$

Termes moyen : Cumanacoa à l'est de Cumana. $44''{,}7 = 11' 10''$ en arc.

Longitude de Cumanacoa. $66^{\circ} 18' 50''$.

Astronomie.

CERRO DEL COCOLLAR.

Avance, le 13 septembre, à 7^h avant midi. . . 3^h 46' 11",

Variation jusqu'à midi. . . — 3",5

Le 15, à midi, avance sur le Cocollar. 3^h 46' 7",6

à Cumana. 3^h 46' 50",2

I.e Cocollar à l'est de Cumana. . . 42",6 = 10' 39" en arc.

Longitude de Cerro del Cocollar. . . 66° 19' 21".

SAN ANTONIO.

Avance, le 15 septembre, à 4^h 3 après midi. . . 3^h 45' 27",0

Variation jusqu'à midi. . . + 3",3

Le 15 septembre, à midi, à San Antonio. 3^h 45' 30",3

à Cumana. . . 3^h 46' 14",4

San Antonio à l'est de Cumana. . . 0' 45",6 ou 10' 54" en arc,

Longitude de San Antonio. . . 66° 19' 6".

CARIPE.

Avance, le 18 septembre, à midi. . . 3^h 44' 9",5

à Cumana. . . 3^h 45' 14",4

Caripe à l'est de Cumana. . . 1' 4",9 ou 16' 13" en arc.

Longitude de Caripe. . . 66° 13' 47".

Pour faire saisir d'un coup d'œil les diverses positions que nous avons déterminées et discutées dans ce second Livre, nous les réunirons dans le tableau suivant :

POSITIONS	LATITUDE BORÉALE.	LONGITUDE.
Tabago.	10 ^h 20' 15"	62 ^h 47' 30"
Bouche du Dragon.		64 ^h 32' 35"
Cap des Trois-Pointes.		65 ^h 4' 5"
Cap oriental de l'île de Coche.		66 ^h 11' 53"
Cap Macanao, extrémité occidentale.		66 ^h 47' 3"
Cumana.	10 ^h 27' 52"	66 ^h 30' 0"
Puerto España dans l'île de la Trinité.		63 ^h 58' 15"
La Saline d'Araya.	10 ^h 42' 0"	66 ^h 51' 54"
Cerro del Imposible.	10 ^h 26' 0"	66 ^h 26' 8"
San Fernando.	10 ^h 21' 0"	66 ^h 11' 25"
Cumanasea.	10 ^h 16' 11"	66 ^h 18' 50"
Cerro del Cocollar.	10 ^h 9' 37"	66 ^h 19' 21"
San Antonio.	10 ^h 10' 0"	66 ^h 19' 6"
Caripe.	10 ^h 10' 14"	66 ^h 13' 47"

dout.

SUPPLÉMENT
AU SECOND LIVRE,

CONTENANT

Un Essai sur les réfractions astronomiques dans la zone torride, correspondantes à des angles de hauteurs plus petits que dix degrés, et considérées comme effet du décroissement du calorique;

PAR A. DE HUMBOLDT.

ESSAI

SUR LES RÉFRACTIONS ASTRONOMIQUES

DANS LA ZONE TORRIDE,

*Correspondantes à des angles de hauteurs plus petits que dix degrés,
et considérées comme effet du décroissement du calorique*.*

LES recherches que j'ai l'honneur de présenter à la Classe, tendent à résoudre le problème, si les réfractions astronomiques sont les mêmes sous l'équateur que celles que l'on observe dans la zone tempérée ? La résolution de ce problème pouvoit paroître moins importante à une époque où de bons observateurs, munis d'instrumens imparfaits, quoique d'un rayon très-considérable, se trouvoient exposés à commettre des erreurs de douze ou quinze secondes sexagésimales. Il importoit peu alors qu'un voyageur réduisit ces observations d'après la table de réfraction de La Caille, ou d'après celle que Bouguer a dressée pendant son séjour à Quito. Il paroît même (j'en ai trouvé plusieurs exemples dans mes recherches géographiques) que la grande harmonie que l'on observe quelquefois entre les latitudes déterminées de nos jours et celles qui sont indiquées dans des relations de voyages anciens, se fonde sur une compensation accidentelle de l'erreur de l'instrument, et de la déviation trop grande ou trop petite que l'observateur avoit attribuée au rayon de lumière pendant son passage par l'atmosphère. Mais on ne doit plus compter sur des compensations accidentelles dans un temps où presque tous les élémens peuvent être soumis au calcul le plus rigoureux. La grande perfection des instrumens, la méthode ingénieuse de diminuer à l'infini ou de faire disparaître les erreurs d'observations en prenant des multiples de

* Lu à la première Classe de l'Institut, le 29 février 1808.

l'angle à mesurer, la réunion de ces avantages fait parvenir les astronomes à l'exactitude d'une seconde centésimale. Plus ces progrès de l'astronomie pratique sont admirables, plus il importe que dans la réduction de la hauteur apparente de l'astre à la hauteur vraie, le calculateur ne soit exposé à commettre des erreurs quadruples de celles que l'on peut supposer au résultat de l'observation. Ces mêmes considérations, depuis l'usage plus fréquent des cercles répéteurs, ont engagé les astronomes et les géomètres à soumettre à de nouveaux examens ce que Simpson, Mayer et Bradley nous ont transmis sur la théorie des réfractions. Il suffit de citer les observations nombreuses faites par M. Delambre pour déterminer la réfraction correspondante à 49° de hauteur, et l'analyse complète des phénomènes de réfraction de la lumière contenue dans le quatrième volume de la Mécanique céleste. C'est en suivant les idées énoncées dans ce dernier ouvrage, que je développerai mes recherches sur la constitution de l'atmosphère dans la zone torride, et sur l'influence que cette constitution exerce sur l'inflexion des rayons dans les couches d'air atmosphérique.

PARTIE HISTORIQUE.

L'idée que les réfractions ne sont pas les mêmes dans toutes les régions de la terre, se trouve déjà énoncée dans les ouvrages des astronomes du seizième siècle. Cinq cents ans plutôt, Alhazen, dans son *Traité d'optique*, avoit développé les effets de la réfraction. Il avoit proposé de la mesurer par une méthode analogue à celle dont se servent les astronomes modernes, et qui consiste à observer le double passage des astres par le méridien au dessous et au dessus du pôle. Pressentant que le mélange gazeux qui nous environne, ne peut s'étendre à égale densité depuis la surface du globe jusqu'aux astres, il avoit fait des recherches ingénieuses sur la hauteur de l'atmosphère réfractive. Alhazen et ses disciples, qui ferment, pour ainsi dire, le siècle brillant des Arabes, ne poussèrent pas plus loin la théorie des réfractions. Rothmann et Tycho furent les premiers qui, frappés de l'influence qu'exerce sur l'air le sol plus ou moins chauffé, avancèrent que les réfractions doivent varier selon la différence des saisons et celle des climats. Kepler, le créateur de l'*Astronomie*, qu'il appelle *Optique*, reconnut que le froid du pôle condensoit l'air au point de produire des effets de réfractions

extraordinaires. Il trouva la confirmation de cette idée dans le phénomène décrit par Hemskerk et Barents, lors de leur séjour nocturne à la Nouvelle-Zemble, phénomène qui a tant exercé la sagacité des astronomes, mais dont Scotto et Le Gentil ont trouvé plus facile de nier l'existence que de hasarder l'explication.

Dominique Cassini et Picard examinèrent les réfractions horizontales que les astronomes suédois Bilemberg et Spole, et même leur roi Charles XI, avoient observées à Tornéo. Ils en conclurent que les réfractions sous le cercle polaire étoient doubles de celles que présentent les astres sous le parallèle de Paris.

Personne n'avoit encore mesuré la déviation du rayon lumineux dans la zone torride. Richer, dont les travaux ont peut-être plus contribué à la gloire de Dominique Cassini qu'à la sienne, Richer, sous le ciel brûlant de la Guiane, crut trouver les réfractions beaucoup moindres qu'en Europe. Ce résultat fut annoncé d'une manière beaucoup plus positive et plus détaillée par Bouguer. Tous les astronomes connoissent les Tables de réfractions qu'il construisit pour la zone torride, et qui se trouvent dans les Mémoires de l'Académie pour les années 1739 et 1749. Nous examinerons, dans la suite, les fondemens de ces Tables et les changemens que l'auteur s'est permis de faire aux observations pour concilier, comme il dit, les résultats obtenus avec la théorie générale qu'il s'étoit formée. Favorisé par les circonstances, placé dans un pays où la nature offre sur un petit espace tous les climats et toutes les hauteurs, ce grand géomètre ne put profiter des avantages de sa position; il lutta sans succès contre les difficultés qu'opposoit à ses travaux l'imperfection des instrumens, celle des tables et des méthodes.

C'est ainsi que depuis l'année 1737 (époque à laquelle Bouguer rédigea son Mémoire sur les réfractions), les astronomes ont prétendu que l'inflexion de la lumière augmentoit depuis l'équateur au pôle. Cette augmentation graduelle leur parut l'effet de la condensation de l'air par le froid, effet qui cependant devoit cesser pendant les fortes chaleurs de l'été dans les régions boréales, et qui, soumis à un calcul exact, ne suffiroit guère pour expliquer le phénomène que l'on croyoit avoir observé. Bouguer ne parle plus de ces vapeurs plus ou moins grossières qui, d'après Kepler, caractérisent la constitution de l'atmosphère dans les différens climats. Plus occupé du phénomène que des causes qui produisent la différence de réfractions supposée entre la zone torride et la zone tempérée, Bouguer se contente

d'ajouter : « que dans la province de Quito, deux endroits peuvent être « voisins et également élevés, et que cependant les réfractions n'y seront « pas égales, parce qu'un de ces endroits sera sur un terrain horizontal « assez grand, et il y fera chaud, tandis que l'autre sera au pied de « quelque montagne perpétuellement couverte de neige, ce qui y changera « la constitution de l'atmosphère. » En effet, déjà Dominique Cassini frappé de l'influence de la température sur les réfractions, avoit construit trois Tables, une pour l'été, la seconde pour l'hiver, et la troisième pour le temps des équinoxes. Picard reconnut que le changement de température produit par le lever du soleil, modifie la réfraction des deux bords du disque solaire, de sorte que le bord supérieur, en paroissant à l'horizon, présente constamment une réfraction plus grande que le bord inférieur. Mais encore les observations de réfraction n'alloient pas de pair avec celles du baromètre et du thermomètre. Halley prouva la nécessité de consulter le premier de ces instrumens. Le Monnier, Mayer et La Caille examinèrent la loi d'après laquelle les réfractions changent à différens degrés de chaleur. On reconnut dès-lors qu'une table de réfraction ne pouvoit exprimer directement qu'un état particulier de l'atmosphère sous une pression et à une température données.

Telles sont les considérations auxquelles l'esprit humain s'est élevé graduellement depuis les idées obscures de Posidonius et de Cléomède jusqu'aux théories d'Enfer, de Lagrange et de l'auteur de la Mécanique céleste. Les astronomes auroient dû traiter les réfractions observées dans la zone torride, comme ils traitoient les expériences que Richer avoit faites sur le pendule pendant son séjour à Cayenne. La température moyenne de la zone torride au niveau de la mer est de 27° ; celle de Paris est de 12° du thermomètre centigrade. Avant de comparer les oscillations que le pendule faisoit à Cayenne avec celles observées à Paris; avant de juger ce qui devoit être attribué à la figure de la terre, on examina l'allongement causé par la chaleur des tropiques. De même il auroit fallu dégager des effets d'une chaleur plus ou moins forte les observations de réfractions sur lesquelles Bouguer avoit basé sa table. Si, réduits à la même température, les résultats obtenus en Europe pendant l'été différoient encore de ceux de Bouguer, alors cette différence pourroit être attribuée à une constitution particulière de l'atmosphère, indépendante de la pression barométrique et de la température observée dans la couche inférieure de l'air. Nous verrons, dans la suite de ce Mémoire,

que ce cas pourroit avoir lieu sans admettre un mélange chimique particulier, une proportion différencée d'azote et d'oxygène dans les parties constituantes de l'atmosphère des tropiques. Un décroissement de la chaleur plus ou moins rapide observé dans les couches d'air superposées les unes aux autres, pourroit produire dans la zone torride, pour des angles au dessous de dix degrés, une réfraction différente de celle que présentent les climats européens dans les plus fortes chaleurs d'été. Sans recueillir des données physiques sur la loi du décroissement de la chaleur dans l'air, ou des observations astronomiques faites directement sur les réfractions correspondantes à huit ou dix degrés de hauteur apparente, on ne peut pas prononcer avec certitude sur la déviation qu'éprouve la lumière près de l'horizon dans les différentes régions du globe. Mayer, se méfiant déjà des observations de Bouguer, annonça que sa Table, qui fut publiée à Londres en 1770, pouvoit représenter les réfractions *dans tous les pays de la terre*. M. Biot déduit des expériences ingénieuses qu'il a faites avec M. Arrago, sur les forces réfringentes des mélanges gazeux, que les tables de réfractions calculées en Europe peuvent s'étendre à toutes les contrées du globe sans aucune modification. Cependant, ce problème (ajoute-t-il) fut autrefois un des objets des voyages des astronomes françois à l'équateur et au pôle. Mais cette assertion de deux savans également distingués comme géomètres et comme physiciens, n'est rigoureusement vraie que pour des angles de plus de dix degrés de hauteur apparente. Mayer et M. Biot n'ont sans doute pas voulu prononcer *a priori* sur les réfractions horizontales ou presque horizontales, phénomènes qui dépendent de la densité de toutes les couches d'air superposées, et non de la densité de la dernière couche qui environne l'observateur.

Le problème de l'inflexion des rayons lumineux variable à de petites hauteurs, selon la différence des zones, est devenu plus compliqué encore depuis les doutes dont on l'a enveloppé récemment. Maupertuis concluoit des observations faites en 1737 à Torneo, à deux et trois degrés de hauteur apparente, « que si les réfractions sont effectivement plus petites vers l'équateur qu'à Paris, et que cette différence soit considérable, il faut admettre que de Paris au cercle polaire, cette différence n'est plus sensible. » Nous verrons, dans la suite de ce Mémoire, que mes observations faites sous les tropiques et celles de M. Swanenberg en Laponie, prouvent diamétralement le contraire de l'assertion de Maupertuis. Aussi cet académicien avoit-il comparé les résultats obtenus sous le cercle polaire à la Table

de Cassini, et cette Table, construite pour un climat tempéré, donne des réfractions beaucoup plus grandes que les Tables plus exactes de Bradley, de M. Delambre et de M. Laplace. Lord Mulgrave, célèbre sous le nom du capitaine Phipps, a aussi examiné les réfractions polaires pendant le séjour qu'il a fait à l'île de Spitzberg et dans des parages plus voisins du pôle. Il déclare identiques les réfractions polaires avec celles observées à Londres et à Paris; mais l'ouvrage de ce savant et intrépide navigateur ne contient qu'une seule hauteur qui cadre avec la théorie de Bradley.

Quant à la zone torride, les observations faites en Asie donnèrent des résultats entièrement différens de ceux trouvés par Bouguer en Amérique. Le Gentil, dans son voyage aux Indes, observa, avec le plus grand soin, les réfractions à Pondichéry pendant les mois de janvier, de février, de juin et de juillet 1769. C'est le travail le plus complet que nous ayons jusqu'à ce jour sur les réfractions sous les tropiques. Quoique le climat de Pondichéry soit plus chaud encore que celui des côtes de la mer du Sud, que j'ai habitées pendant long-temps, et sur lesquelles Bouguer avoit observé, Le Gentil trouva pourtant les réfractions, depuis zéro jusqu'à quarante-cinq degrés de hauteur apparente, beaucoup plus fortes que les indiquoit la Table de Bouguer. Il ne s'agit ici que de donner un précis historique des doutes qu'a fait naître le problème qui nous occupe. Nous nous bornons à ajouter que M. Delambre a soumis à un nouvel examen les calculs de réfraction de Le Gentil, et qu'il les a trouvés affectés d'une erreur constante, quoique les observations en elles-mêmes portât tous les caractères d'une exactitude suffisante.

Lorsque je publiai, il y a trois ans, le Tableau physique des régions équinoxiales, je réunis les matériaux que mon voyage pouvoit fournir sur le décroissement du calorique dans l'atmosphère. En comparant mes expériences faites à la cime du Pic de Ténériffe, au Pichincha, au Chimborazo et dans les Cordillères du Mexique, aux résultats obtenus par M. Gay-Lussac, lors de sa grande et mémorable ascension aérostatique, je trouvai, dans le refroidissement progressif des couches d'air au dessus de 3000 mètres de hauteur, une harmonie frappante entre la zone torride et le parallèle de 49°. Ces résultats ont été énoncés dans un Mémoire sur les limites de la neige perpétuelle à différentes latitudes, mémoire que j'ai présenté à la Classe en novembre an 13. Or, les réfractions correspondantes à des angles au dessous de 100 diminuant avec un décroissement de température plus rapide, M. La-

place observa, avec raison, que, ou les réfractions horizontales et presque horizontales devoient être plus grandes sous les tropiques que la plupart des astronomes le supposent avec Bouguer, ou que la loi du refroidissement des couches que j'avois annoncée n'étoit pas la vraie. L'observation de ce grand géomètre m'a excité à soumettre à un nouvel examen un problème par lequel la météorologie touche immédiatement à l'astronomie. Je me flatte de pouvoir lever la contradiction apparente observée entre deux classes de phénomènes étroitement liés ensemble, ceux de l'inflexion de la lumière et ceux du décroissement du calorique.

Après avoir développé, dans la partie historique de ce Mémoire, les opinions diverses qu'ont eues les astronomes sur les réfractions de la zone torride, j'examinerai, dans la seconde partie, la constitution physique de l'atmosphère équinoxiale, et les causes qui, d'après l'état actuel de nos connoissances, peuvent modifier la déviation des rayons lumineux. La troisième et dernière partie présentera les observations astronomiques que j'ai faites à des hauteurs auxquelles la loi du décroissement de la température détermine le pouvoir réfringent des couches ou, ce qui est identique, la vitesse de la lumière. Je me bornerai à n'indiquer ici que les résultats, le détail des nombres étant contenu dans le Recueil des observations même.

PARTIE PHYSIQUE.

La réfraction est l'effet de l'action qu'exercent les couches d'air atmosphérique sur la route du rayon de lumière. Cette action dépend des propriétés chimiques et physiques du mélange gazeux, propriétés que l'on pourroit réunir dans une équation de condition, et qui présentent autant de quantités variables dont il importe d'examiner l'influence sur la déviation de la lumière.

Oxygène et Azote.

L'oxygène, d'après les expériences de MM. Biot et Arrago, étant de tous les fluides, et même de tous les corps de la nature, celui qui réfracte le moins, et le pouvoir réfringent de l'oxygène à l'azote étant dans le rapport de 86 : 103, les réfractions devoient varier à la même température et à la même pression barométrique d'une époque et d'une zone à l'autre, si, comme on le supposoit autrefois, la constitution chimique de l'atmosphère étoit variable selon la différence des saisons et des lieux. D'après les hypo-

thèses reçues alors, l'air de mer et celui de la zone torride, plus riches en oxygène, l'air des hautes montagnes plus abondant en azote et en hydrogène, devraient altérer le jeu des réfractions atmosphériques. Mais des observations exactes ont constaté que le rapport des parties constituantes de l'atmosphère n'est pas variable; que, favorisé par les vents et par l'effet du courant ascendant, le mélange gazeux est uniforme depuis le niveau de l'Océan jusqu'au-delà de 6000 mètres de hauteur; que si toutefois il existe une légère variation, elle ne peut pas aller au-delà d'un ou de deux millièmes d'oxygène.

Ces résultats importants sont conformes aux expériences et aux calculs faits par MM. Biot et Arrago. Le prisme et le cercle répétiteur ont conduit ces astronomes à une analyse de l'air presque aussi exacte que celle que l'on obtient par le moyen de l'eudiomètre à gaz hydrogène. En effet, telle est l'admirable enchaînement des phénomènes de la nature, que depuis longtemps, par la mesure seule d'un angle de réfraction, le géomètre auroit pu prouver au chimiste que l'air atmosphérique ne contient pas vingt-sept ou vingt-huit centièmes d'oxygène.

Mais cette identité constante de composition chimique, cette quantité absolue de gaz vital reconnue dans l'air atmosphérique, ont-elles toujours été les mêmes, ou seroient-elles, dans la suite des siècles, variables avec l'intensité des forces magnétiques, avec la hauteur moyenne du baromètre qui indique la hauteur de l'atmosphère, et avec la température moyenne des lieux? Les sciences naturelles et l'art de bien observer sont trop neufs encore pour que l'histoire physique du globe puisse prononcer sur des problèmes aussi délicats. La mer, qui occupe trois cinquièmes de la surface de notre planète, et qui est remplie de débris de mollusques et d'autres matières animales propres à se décomposer; le terreau humecté, les argiles mêlés d'oxide de fer et d'hydrures de carbone, peut-être même le roc schisteux ou amphibolique, ces cimes pierreuses qui s'élancent au dessus de la région des nuages, agissent sur l'atmosphère qui les entoure. Ils paroissent fixer plus d'oxygène qu'ils ne dégagent d'acide carbonique. La décomposition de ce dernier acide est le travail diurne et bienfaisant des végétaux; mais la culture de l'homme, en substituant aux forêts des plantes herbacées et des céréales, parvient à altérer peu à peu l'équilibre primitif de l'océan aérien. Il se pourroit que, par des procédés lents et presque imperceptibles, la croûte de notre planète enlevât, en vieillissant, plus d'oxygène

à l'atmosphère qu'elle lui ne en rend annuellement. Par conséquent, il seroit possible encore que du temps d'Hipparque, la lumière des astres eût éprouvé dans sa route une déviation différente de celle que l'on observera quelques milliers d'années après nous. On reconnoitroit dès-lors que la réfraction n'est pas toujours fonction de la densité seule des couches d'air atmosphérique. Mais ne nous perdons pas dans des idées purement hypothétiques, lorsqu'il ne s'agit que de l'ordre actuel des choses et de faits capables d'être exactement observés!

Hydrogène et Acide carbonique.

De toutes les substances gazeuses, l'hydrogène est celle dont le pouvoir réfringent est le plus fort. Il est frappant que ce même gaz, comme l'a découvert M. Gay-Lussac, est aussi celui dont la capacité pour le calorique est la plus grande. Son pouvoir réfringent surpasse huit fois celui de l'oxygène; il est à celui de l'air atmosphérique comme 661 : 100. Mais l'hydrogène mêlé à l'air atmosphérique en diminue le pouvoir réfringent; car il s'en faut de beaucoup que la légèreté spécifique de l'hydrogène soit compensée par l'excès de sa force réfractive. Dans un Mémoire lu à la Classe en ventôse an XIII, nous avons déterminé, M. Gay-Lussac et moi, le minimum de gaz hydrogène que l'on peut découvrir avec certitude dans un mélange d'azote et d'oxygène. Nous avons indiqué un moyen précis par lequel on peut évaluer jusqu'à $\frac{1}{1115}$ d'hydrogène. Ce moyen, inconnu lors de mon expédition à l'équateur, n'a point encore été employé sur l'air des tropiques; mais ayant constaté qu'en Europe, quelle que soit la région d'où souffle le vent le plus impétueux, l'atmosphère ne contient pas d'hydrogène, et que l'air recueilli, soit à 6000 mètres de hauteur, soit au milieu d'un nuage, comme au Mont-Cenis, ne diffère pas sensiblement de l'air des plaines, on peut supposer que ce manque d'hydrogène est général dans toutes les zones et à toutes les hauteurs. Je n'ignore pas que la considération de la grande légèreté spécifique de l'air inflammable, jointe à des hypothèses météorologiques, a fait supposer à quelques physiciens que la dernière couche de l'océan aérien est une couche d'hydrogène, site inabordable des phénomènes lumineux, de l'aurore boréale, des étoiles filantes, et peut-être des bolides mêmes. Cette couche s'étendrait jusqu'aux dernières limites de l'atmosphère, jusqu'au point où la force centrifuge est balancée par la pesanteur. Mais pourquoi, en s'éloignant perpendiculairement de la surface de la terre de plus d'un demi-myriamètre, ne

volt-on pas augmenter la quantité d'hydrogène atmosphérique? Comment cet hydrogène seroit-il parvenu à se réunir dans une couche séparée? et une fois réuni, comment se seroit-il conservé dans cet état d'isolement? Les connoissances que nous avons acquises, depuis quelques années, sur la manière de laquelle se comportent au contact deux gaz d'une gravité spécifique différente, rendent peu probable que l'hydrogène qui s'élève de la surface de la terre puisse se réunir dans une couche particulière placée à la limite supérieure de l'atmosphère. L'expérience nous prouve qu'au moindre mouvement les fluides aëriiformes se pénètrent, et que les molécules du gaz plus pesant s'insinuent entre les molécules du gaz plus léger, sans se placer d'après la loi de leur pesanteur spécifique. Lorsqu'on mêle 21 d'oxygène à 79 d'hydrogène, cet air atmosphérique à base d'hydrogène reste uniforme dans sa composition, quelle que soit la durée du repos auquel on abandonne le mélange. L'analyse chimique m'a offert les mêmes résultats, que j'ai éprouvé l'air contenu dans la partie supérieure ou celui de la partie inférieure du vase. L'analogie nous conduit à croire que l'hydrogène, dégagé par les marais, par plusieurs sources, par les mines et par les volcans, se mêle uniformément à l'air atmosphérique. Il s'y mêle d'autant plus facilement, que l'atmosphère est perpétuellement agitée par de petites variations de température et de pression barométrique. L'effet de cette agitation est si frappant, que malgré l'abondance des sources d'hydrogène sulfuré que l'on trouve, par exemple, dans la *Campagne de Rome*, le chimiste ne découvre dans l'atmosphère ambiante pas plus de cet hydrogène que dans l'air de mer ou dans les vents qui soufflent du large. L'idée de cette uniformité dans la composition chimique de l'atmosphère rassure l'astronome, lorsqu'il se défie du fluide aëriiforme à travers lequel lui parvient la lumière des astres. Mais cette même uniformité fait aussi le désespoir du physiologiste. Rélâchissant sur la salubrité des climats, il croit en appeler en vain au tribunal de l'eudiométrie moderne. Le chimiste lui répond que, d'après les expériences intéressantes de MM. Thénard et Dupuytren, des quantités d'hydrogène sulfuré beaucoup trop petites pour être appréciées dans nos instrumens, trop petites pour produire des changemens dans les réfractions, exercent encore une influence destructive sur la vie animale.

L'ensemble de ces considérations physiques nous prouve qu'il n'y a aucune raison d'admettre une couche de gaz hydrogène aux limites de notre atmosphère. Il est même difficile de concevoir l'existence de cette couche à

l'époque reculée où se formoit le noyau de notre planète. Dès-lors l'hydrogène se seroit mêlé au reste de l'atmosphère qui étoit agitée par les courans. La quantité moyenne d'hydrogène répandue dans l'air ne peut être qu'infinitement petite. Ce résultat d'expériences directes a été confirmé par l'harmonie frappante que trouvent MM. Biot et Arrago, entre le pouvoir réfringent de l'air atmosphérique observé et entre le pouvoir réfringent calculé dans l'hypothèse que l'atmosphère est un simple mélange d'azote et d'oxygène. De plus, en considérant les produits de la putréfaction des matières organiques, en réfléchissant sur la réunion peu commune des circonstances sous lesquelles, par une simple décomposition de l'eau, il s'élève de la surface du globe du gaz inflammable pur, nous trouvons que le minimum d'hydrogène atmosphérique dont nous admettons l'existence, devient par là même moins redoutable pour les astronomes; que cet hydrogène, pour la plus grande partie, est un mélange d'hydrogène carburé, oxi-carburé, phosphuré et sulfuré. Le phosphore se combinant avec le soufre et avec le carbone, comme l'ont fait voir Pelletier et M. Proust; le soufre hydrogéné dissolvant aisément le phosphore, comme l'ont prouvé MM. Clément et Desormes, il est plus que probable que les miasmes mêlés à l'atmosphère contiennent des variétés particulières de gaz hydrogène dans lesquelles deux ou trois substances oxigénables sont dissoutes à la fois. Il est probable aussi que sous les tropiques, où une chaleur constante et une grande humidité favorisent le développement des êtres organisés, ces émanations gazeuses sont plus communes que dans les climats tempérés; elles y causeroient un jeu de réfractions extraordinaires, s'ils parvenaient à s'accumuler momentanément. Mais cette crainte s'évanouit, lorsqu'on considère, 1^o. les circonstances qui s'opposent à cette accumulation dans une région où le mouvement perpétuel de l'air, depuis l'équateur aux pôles, cause l'apparence des vents alisés; 2^o. les quantités extrêmement petites de ces émanations, que des expériences eudiométriques les plus exactes nous permettent de supposer dans l'air; 3^o. le fait remarquable et rassurant que l'hydrogène, qui contient d'autres substances oxigénables en dissolution, a un pouvoir réfringent qui n'est pas le tiers du pouvoir réfringent de l'hydrogène pur, et qui n'est que le double de celui de l'air atmosphérique. Il résulte aussi de ces mêmes considérations, que les phénomènes singuliers de réfraction, et surtout ceux de réflexion aérienne que l'on n'observe que dans certaines régions de la terre, par exemple à Reggio et dans la partie méridionale de

la Calahre, ne peuvent guère s'expliquer par l'hypothèse d'une constitution particulière et locale de l'atmosphère. Ces phénomènes n'ont été qu'imparfaitement observés jusqu'ici; ils se présentent à des hauteurs considérables au dessus de l'horizon. Il ne faut pas les confondre avec les effets du mirage commun. La *Fata Morgana* paroît être l'effet catoptrique d'une aggrégation de vapeurs vésiculaires. Il n'est plus permis d'en chercher la cause dans l'abondance du gaz hydrogène qu'autrefois des physiiciens voyageurs supposoient exister dans les pays agités par des volcans et par des tremblemens de terre.

Ce que nous venons d'exposer sur le minimum d'hydrogène contenu dans l'atmosphère, s'applique aussi à l'acide carbonique, dont la quantité, d'après mes expériences, peut être évaluée sous l'équateur de trois à huit millièmes. D'ailleurs ce fluide, quoique plus dense, est moins propre à modifier les réfractions atmosphériques. D'après MM. Biot et Arrago, son pouvoir réfringent est à peu près le même que celui de l'air atmosphérique; il ne le surpasse que de $\frac{1}{100}$. Les belles expériences faites par M. Malus, sur le charbon, n'altèrent pas ce résultat; elles indiquent seulement un pouvoir réfringent du carbone plus grand que celui qu'admet M. Biot, observation qui diminue la quantité d'hydrogène que l'on se croyoit forcé d'admettre dans le diamant. C'est à tort qu'un célèbre astronome italien a récemment attribué à une accumulation momentanée d'acide carbonique, les petites variations de réfractions observées à Malte et en Sicile aussi long-temps que souffle le sirocco. Cette abondance d'acide carbonique sur les bords de la Méditerranée n'a été constatée par aucune expérience directe. D'après le rapport trouvé entre le pouvoir réfringent de l'acide carbonique et celui de l'air commun, il faudroit que l'atmosphère devint énormément méphitisée avant que l'effet des réfractions fût d'une ou de deux secondes sexagésimales.

Condensation.

Mais la déviation de la lumière ne dépend pas uniquement de la quantité d'oxygène, d'azote, d'hydrogène ou d'acide carbonique; elle ne dépend pas uniquement du rapport dans lequel se trouvent les parties constituantes de l'atmosphère. Le pouvoir réfringent des fluides est modifié par l'état de condensation plus ou moins grand que présentent les élémens aëriiformes. L'inflexion du rayon lumineux n'est pas la même dans l'oxide d'azote et dans un mélange physique d'oxygène et d'azote. Or, malgré le principe d'identité de composition que nous venons d'établir, les réfractions de la

zone torride pourroient être différentes de celles des zones tempérées, si, par l'effet d'une température plus ou moins élevée, l'oxygène exerçoit une action chimique plus ou moins grande sur l'azote. D'après cette opinion répandue dans plusieurs ouvrages de physiologie, la respiration ou plutôt la décomposition de l'air dans les poumons dépendroit, outre la quantité d'oxygène inspiré, du degré d'affinité par lequel cette base est liée à l'azote atmosphérique. Quelques phénomènes chimiques qui n'ont pas encore été rigoureusement analysés, par exemple l'observation qu'un mélange de 0,25 d'oxygène et 0,75 d'acide carbonique n'est pas propre à entretenir la flamme, ont paru favoriser cette idée. Mais nous pourrions citer un grand nombre d'expériences précises qui rendent probable que, dans l'état aériforme, ces bases n'exercent aucune ou du moins une très-foible action chimique les unes sur les autres. La condensation ne commence à influer d'une manière sensible sur le pouvoir réfringent que lorsque les élémens gazeux entrent dans une union très-intime. Le gaz ammoniacal nous en offre un exemple frappant. MM. Biot et Arrago ont trouvé que ce gaz agit sur la lumière comme un simple mélange physique de 0,80 d'azote et de 0,20 d'hydrogène, en évaluant les élémens d'après le poids. C'étoient, en effet, les nombres qui résultaient de l'analyse de M. Davy. Le même chimiste ayant annoncé depuis, à l'occasion de ses déconvertes sur les substances alcalines, que l'ammoniaque contenoit 0,20 d'oxygène, M. Berthollet fils reprit le beau travail de son père, publié dans les Mémoires de l'Académie de l'année 1785. Des expériences très-exactes, qui ne diffèrent pas entr'elles d'un centième, lui ont appris qu'un volume de 100 parties d'ammoniaque est composé de 75,5 d'hydrogène et de 24,5 d'azote, ce qui donne en poids, d'après les densités de la Table de Biot, 18,83 d'hydrogène et 81,17 d'azote. En calculant, d'après ces données de M. Berthollet fils, le pouvoir réfringent pour le gaz ammoniacal, on trouve 2,08471, tandis que par observation on trouve 2,168. Le gaz ammoniacal contenant un peu plus d'hydrogène que n'en admettoit autrefois M. Berthollet le père, et 0,02

* M. Berthollet le père (*Mém. de l'Acad.*, 1785, p. 524), trouva en volume 72,50 d'hydrogène, 27,50 d'azote, ce qui lui donna, en supposant la pesanteur spécifique de l'hydrogène à celle de l'azote, = 1 : 11 en poids, 19,53 d'hydrogène et 80,67 d'azote. Mais, d'après la Table des densités de MM. Biot et Arrago, il résulte de l'expérience de M. Berthollet 16,6 d'hydrogène et 83,4 d'azote.

de moins qu'en supposoit M. Biot, d'après Davy, l'effet de la condensation devient sensible; car le pouvoir réfringent du composé est de 2,168, au lieu de 2,08471.

Nous avons vu jusqu'ici que la constitution chimique de l'atmosphère sous l'équateur ne présente aucune modification particulière propre à favoriser l'opinion de l'influence des climats sur les réfractions moyennes, influence qui fût indépendante de la température et de la pression barométrique de l'air. En supposant sous les tropiques, comme quelques physiciens l'ont fait arbitrairement, plus d'acide carbonique ou (à composition égale) plus de condensation de bases, ces différences, bien loin d'expliquer, comme le seroient des accumulations d'hydrogène et d'oxygène, une diminution dans le pouvoir réfringent du mélange, tendroient plutôt à en augmenter les effets.

Humidité. Brume. Nuages.

Il en est de même d'une quatrième et dernière cause qu'il nous reste à examiner, de l'humidité. Si l'influence de cette cause est sensible, elle doit augmenter l'inflexion des rayons lumineux sous l'équateur, quelle que soit la grandeur de l'angle apparent que l'on observe. En effet, dans ces climats brûlans, le sol couvert d'épaisses forêts, et humecté par des pluies presque continuelles, répand des masses d'eau énormes dans un air dont la température varie de 22 à 36°. L'humidité extrême de ces régions équinoxiales contraste avec la sécheresse à laquelle l'atmosphère polaire se trouve réduite par le froid.

La gravité spécifique de la vapeur d'eau étant, à forces élastiques égales, à la gravité spécifique de l'air comme 10 : 14, celui-ci pèse d'autant moins qu'il est plus près du degré extrême de sa saturation. Or, l'air humide n'est qu'un mélange d'eau et de vapeurs; par conséquent, sa densité est aussi moins grande que celle d'un air plus sec. On peut concevoir par là comment, sous l'équateur, une source constante de chaleur et d'humidité produit une diminution dans les hauteurs moyennes du baromètre, l'air dilaté dans des colonnes plus élevées refluant sans cesse sur les colonnes voisines, et pesant moins à cause de son mouvement ascensionnel. On peut en conclure de même que, si la vapeur d'eau avoit exactement le même pouvoir réfringent que l'air, les réfractions devroient être moindres dans l'air humide que dans l'air sec. Mais des expériences précises, faites par les deux savans distingués

que la Classe en avoit chargés, ont confirmé ce que le génie du géomètre avoit prédit depuis long-temps. M. Laplace avoit prouvé que l'état hygroscopique de l'air ne pouvoit avoir qu'un effet presqu'imperceptible sur les réfractions, l'excès de la force réfringente de la vapeur aqueuse sur celle de l'air étant compensé, en grande partie, par sa densité plus petite. Les formules développées dans le dixième livre du quatrième volume de la Mécanique céleste annoncent même que, si la compensation n'est pas tout-à-fait complète, ce manque d'équilibre entre la dilatabilité et le pouvoir réfringent doit plutôt renforcer que diminuer l'effet des réfractions équatoriales. Aussi MM. Delambre et Biot, dans une suite d'observations très-exactes faites au cercle répétiteur, n'ont pas vu varier sensiblement les réfractions pendant que l'hygromètre indiquoit de fortes variations d'humidité.

Telles sont les effets de l'eau dissoute dans l'atmosphère d'une manière à ne pas en altérer la transparence. Mais la vapeur qu'on appelle vésiculaire ne paroît pas toujours suivre les mêmes lois. Il ne s'agit point ici de déterminer si le brouillard et les nuages sont des amas de globules solides, comme M. Monge a tâché de le prouver dans son Mémoire sur la météorologie, ou si, comme j'incline à croire avec beaucoup d'autres physiciens, les nuages sont composés de sphères creuses dans lesquelles probablement un air extrêmement humide est enveloppé d'une pellicule plus ou moins mince d'eau. Il suffit ici d'examiner les circonstances qui peuvent influer sur la différence de réfractions qu'offrent les nuages et le brouillard. Les brouillards sont des couches de vapeurs qui, reposant sur le sol, environnent l'observateur. Les nuages, au contraire, sont des couches plus légères suspendues dans un air parfaitement transparent. Cet état de choses doit contribuer à modifier les réfractions dans ces amas de vapeurs vésiculaires. L'expérience nous offre des exemples de ces contradictions apparentes. M. Arago, à l'invitation de M. Laplace, a pris quelques hauteurs méridiennes du soleil vu à travers des nuages qui en laissoient apercevoir distinctement les bords. Cet astronome n'a pas observé que les réfractions fussent changées par le passage du rayon à travers un groupe de vapeurs vésiculaires. Pendant mon séjour dans le royaume de Quito, j'ai pris des angles d'élévation de la cime de plusieurs volcans, nommément de ceux d'Ilinissa et de Cotopaxi, au moment que des flocons de nuages blancs et transparens convroient la crête de la Cordillère. J'étois sûr d'évaluer, je ne dis pas une quantité absolue, mais bien une différence de cinq ou six secondes sexagésimales. Cependant, je ne

trouvai pas que l'angle apparent fût sensiblement variable avant et au moment de la formation du nuage.

Le brouillard ne produit pas constamment le même effet. Dans une matière aussi délicate, il importe de réunir tous les faits qui ont été bien constatés. En parcourant le grand travail de M. Delambre, sur les réfractions atmosphériques, contenu dans le second volume de la Base du système métrique, on y trouve des observations très-curieuses faites à Boiscommun pendant un temps de brouillard épais. La vapeur vésiculaire augmenta tellement le jeu des réfractions terrestres, que neuf résultats donnèrent à M. Delambre le facteur n entre 0,146 et 0,175, tandis que des mesures prises par un air transparent présentent ce facteur de la moitié plus petit, égal à 0,078. Mais cette contradiction apparente entre l'action qu'exerce le nuage sur le rayon lumineux et l'action qu'on attribue au brouillard, n'a pas de quoi nous étonner. Les nuages, selon des observations directes que j'ai eu occasion de faire sur la pente de la Cordillère des Andes, ont souvent 12 à 1600 mètres d'épaisseur perpendiculaire. On conçoit comment, malgré ce volume, malgré cet agroupement énorme de vapeurs vésiculaires, le rayon lumineux peut passer à travers le nuage, comme s'il passoit à travers un verre parfaitement plan. Si les globules de vapeurs sont solides, l'observateur voit le disque solaire par des rayons qui passent par le centre, ou par des rayons qui traversent l'air humide dans lequel nagent les globules : si, au contraire, les petites sphères sont creuses, la lumière, en pénétrant dans l'intérieur à travers une pellicule d'eau très-mince, éprouve en entrant la même inflexion qu'elle subit en sortant. L'extinction de la lumière doit être presque nulle, si (comme le rend probable M. Laplace, dans son supplément à la Théorie de l'action capillaire) l'enveloppe est une lame d'eau dont l'épaisseur est plus petite que le rayon d'activité sensible de ses molécules. L'air dans lequel se trouvent les vapeurs vésiculaires est saturé d'eau, et, comme nous venons de le voir tantôt par les expériences du prisme de M. Biot, l'eau dissoute n'altère aucunement le jeu des réfractions.

Il paroît donc que les expériences de M. Arrago et les miennes, sur le pouvoir réfringent des nuages, sont conformes à la théorie. Les phénomènes extraordinaires observés par M. Delambre pendant un mois entier à Boiscommun, peuvent avoir été causés, non par l'état hygrométrique de l'atmosphère, mais par des anomalies dans la loi du décroissement du calorique dans les couches d'air superposées. C'étoient des observations de réfractions terrestres,

même des angles de dépression; par conséquent, les réfractions atmosphériques observées à Boiscommun étoient modifiées par la différence de densité entre la couche d'air qui forme le brouillard et entre les couches qui agissent sur ce dernier. L'observateur, enveloppé dans le brouillard, se trouve dans l'air humide qui remplit les interstices de la vapeur vésiculaire; il est environné d'un air condensé par un refroidissement subit et local. En effet, d'autres observations prouvent qu'à des angles de hauteur auxquels l'influence du décroissement du calorique est imperceptible, le brouillard n'exerce pas d'influence sur les réfractions. Dans le grand nombre d'observations d'Antarès faites avec le plus grand soin à l'Observatoire Impérial, on n'a pas remarqué qu'après avoir employé les corrections nécessaires pour le baromètre et le thermomètre, les passages d'Antarès par le méridien aient donné des angles sensiblement différens, selon qu'on les a pris par un temps sec et dans une brume assez épaisse. Il seroit important d'examiner si les mêmes brouillards qui altèrent la réfraction terrestre, affectent aussi la déviation des rayons qui nous arrivent sous des angles au dessus de 12 ou 14°. Ces observations décideroient si les brouillards agissent par une autre voie qu'en diminuant le jeu du calorique rayonnant à la surface du globe et en ralentissant le décroissement du calorique.

Il résulte de ces considérations développées dans la seconde partie de mon Mémoire, que la constitution chimique de l'atmosphère, non plus que son état hygrométrique, ne présentent aucune cause qui puisse expliquer une diminution dans les réfractions sous l'équateur. L'inflexion du rayon lumineux, supposé qu'il nous parvienne sous un angle plus grand que 100°, est simplement fonction de la pression et de la température de la couche inférieure de l'air qui entoure l'observateur. Quelques astronomes ont jeté des doutes sur la correction thermométrique appliquée à des extrêmes de chaleur et de froid; mais en se rappelant que, d'après les expériences de M. Gay-Lussac, les dilatations des gaz sont proportionnelles à leur température, et que depuis le point de la glace fondante jusqu'à 100°, la marche du thermomètre à air est la même que celle du thermomètre à mercure, on se voit forcé d'admettre que la correction thermométrique est croissante uniformément avec les degrés du thermomètre à mercure observé à l'air libre au moment que l'angle est pris à l'instrument. Cette uniformité se manifeste d'une manière frappante dans deux observations de M. Swanberg, que nous allons développer plus bas, et qui présentent la plus grande har-

monie, quoique l'une eût été faite à 29° et l'autre à 13° au dessous de zéro, le baromètre n'ayant varié que de douze millimètres.

Décroissement du Calorique.

Il nous reste à examiner la constitution de l'atmosphère des tropiques sous le rapport qui influe le plus sur les réfractions horizontales et presque horizontales : je parle de la loi du décroissement du calorique dans les couches d'air superposées les unes aux autres. Si cette loi fut trouvée différente dans les zones diverses, les réfractions au dessous de 10° devroient l'être aussi, malgré l'identité dans la composition chimique de l'atmosphère, et malgré l'influence nulle de la sécheresse et de l'humidité. En effet, un astronome distingué, séduit par la comparaison des réfractions observées par Piazzi et Maskelyne, a tenté de prouver récemment, *a priori*, que le décroissement du calorique doit être plus rapide dans les climats chauds, et que par conséquent la réfraction horizontale doit augmenter en raison inverse de la température moyenne des lieux. Cette assertion, si elle embrasse les observations faites pendant l'été, est démentie par un grand nombre d'expériences que j'ai eu occasion de faire pendant le cours de mon expédition à l'équateur. Aucun autre voyageur ne s'étant occupé de ces recherches sur le décroissement du calorique dans l'atmosphère de la zone torride, je réunirai dans une table les résultats de mes observations faites dans les deux hémisphères. Je m'arrêterai aux seuls nombres. Le détail des localités sur lesquelles se fonde le choix des observations et la probabilité des résultats qu'elles présentent, se trouve discuté dans un Mémoire qui va paraître dans ceux de l'Académie de Berlin pour l'année 1807.

Si, au lieu d'un noyau solide enveloppé d'un fluide aériforme, nous nous figurons un sphéroïde gazeux transparent, et tournant sur lui-même autour du soleil, nous concevons que les rayons solaires n'y produiroient de la chaleur qu'autant que la lumière sera affaiblie en passant par des couches d'air plus ou moins denses. L'extinction de la lumière y seroit la seule cause de chaleur. Par conséquent, la température seroit moindre vers la surface que dans les couches intérieures. La température augmentera d'abord avec la densité croissante des couches ; mais, à cause de l'affaiblissement même des rayons lumineux, cette température parviendra probablement à son maximum dans un point éloigné du centre et de la surface. Jusq'ici notre

sphéroïde gazeux ressembleroit à ces corps célestes que Herschel a nommés des Nébuleuses planétaires.

Imaginons maintenant un noyau solide au milieu de ce fluide aëriiforme ; dès ce moment, nous voyons naître deux autres causes de température ; le faible effet de l'extinction de la lumière se perd auprès de l'effet du calorique rayonnant et du conrant ascendant. Il est inutile de discuter ici la possibilité d'une quatrième cause. Nous n'agiterons pas la question, si les fluides aëriiformes peuvent conduire le calorique sans mouvement de translation dans les molécules. Un physicien célèbre de cette Classe, M. de Rumford, s'est occupé de la résolution de ce problème. Il ne nous intéresseroit que dans le cas où des vents chauds souffleroient dans les hautes régions seules de l'atmosphère. Cependant, l'agitation de l'air méleroit bientôt les molécules voisines ; il seroit même alors impossible de faire abstraction du mouvement de translation.

L'effet du conrant ascendant, comme celui du calorique rayonnant, n'avoit pas échappé à la sagacité d'Aristote et de ses disciples. J'ai développé, dans un autre endroit, que dans le premier livre des *Meteorologica* et dans la vingt-cinquième section des Problèmes attribués à Aristote, la hanteur des nuages et leur densité sont considérées comme des phénomènes qui dépendent de l'ascension de la chaleur, et qui contribuent à en modifier l'action.

Le décroissement du calorique étant l'effet simultané de trois causes générales, de l'extinction de la lumière pendant son passage à travers les couches d'air plus ou moins denses, de la chaleur rayonnante et du conrant ascendant, tout ce qui modifie ces causes doit aussi modifier la loi du décroissement. Ce dernier doit être plus lent au dessus de la surface de la mer ou au dessus d'une campagne couverte de neige, qu'au dessus d'un désert dénué de végétaux ou au dessus d'une couche horizontale de schiste micacé. Il doit être plus rapide sur la pente d'une montagne conique qu'au dessus d'une cordillère qui présente de grands plateaux élevés par étages les uns au dessus des autres. Mais en discutant la réfraction moyenne correspondante à de petits angles de hanteurs entre 6 et 10°, il ne s'agit aussi que de la loi du décroissement moyen. Nous verrons tantôt que cette loi est plus constante qu'on devroit le supposer, à cause des variations de

Aristotelis opera omnia, T. II, ed. Casaub., p. 458. 527.

température produites par les courans d'air horizontaux et verticaux; nous trouverons qu'elle est aisée à reconnaître à travers un grand nombre de petites perturbations locales.

La progression selon laquelle les couches d'air superposées sont plus froides selon qu'on s'éloigne de la surface du globe, peut être reconnue par cinq voies différentes, dont les deux premières seules paroissent mener à des résultats certains. Ces moyens sont des ascensions aérostatiques, des voyages vers la cime de montagnes isolées et à pente rapide, la comparaison des températures moyennes observées pendant plusieurs années dans deux endroits qui auroient une élévation très-différente et qui seroient peu éloignés les uns des autres, la température des sources et celle des cavernes, que quelques physiciens osent nommer la température de l'intérieur du globe. On pourroit y ajouter la connoissance des réfractions horizontales, et un septième moyen peu exact, celui de déduire le décroissement du calorique de la hauteur à laquelle se maintiennent les neiges éternelles dans les différentes zones du globe.

Voyages dans les Andes.

Des excursions faites à la cime d'un pic élevé et très-escarpé, offrent presque les mêmes avantages que les ascensions aérostatiques, l'observateur au pied du pic se trouvant, pour ainsi dire, dans la même verticale que l'observateur placé au sommet. Dans le Tableau suivant de mes expériences, on peut distinguer sous ce rapport, comme plus exactes, les excursions que nous avons faites, M. Bonpland et moi, au Mexique, à la cime du Nau-campatepetel, appelé aujourd'hui le Cofre de Perote, et au Nevado de Toluca; sur les bords de la mer du Sud, à la cime de Rucu-Pichincha; sur la côte de Venezuela, à la Sille de Caracas; à l'île de Ténériffe, au sommet du Pic de Teyde. Je nomme ce volcan le dernier, parce que, rapproché des côtes du continent de l'Afrique, il a le désavantage d'être baigné quelquefois par des courans d'air chaud qui soufflent de l'est et du sud-est. En effet, M. Labillardière, qui est parvenu huit ans avant moi, le 17 octobre 1791, à la cime du Pic de Ténériffe, et qui y a fait un nombre d'observations importantes, rapporte, dans la relation de son voyage, qu'à 3700 mètres de hauteur, en automne, l'air y avoit une température de 18°,7 du thermomètre centigrade. Aussi le vent, comme l'indique l'observateur

lui-même, étoit sud-sud-est. Par conséquent, la différence de température entre la cime et l'air de la côte ne dépassoit pas 9°, au lieu qu'avec un vent ouest qui ne souffle pas du continent de l'Afrique, je trouvai une différence de 20°. Lamanon, lors de l'expédition de Laperouse, en trouva 19°. Cette harmonie entre les résultats obtenus sous des circonstances favorables est d'autant plus frappante, que j'observai au bord du cratère, mais à l'ombre et très-éloigné du sol, + 20,7, tandis que le thermomètre de Lamanon marquoit + 110,6. L'une de ces observations donne un décroissement de chaleur de 184 mètres, l'autre de 195 mètres par degré centigrade, décroissemens qui ne diffèrent entre eux que de 11 mètres.

Le Tableau suivant indique l'époque de l'observation; la latitude des lieux fondée sur mes propres déterminations astronomiques; la hauteur de la colonne d'air parcourue, calculée d'après la formule barométrique de M. Laplace, en y appliquant le nouveau coefficient de M. Ramond; la différence de température entre la couche inférieure et supérieure, et la loi du décroissement pour 1° du thermomètre centigrade.

Les hauteurs des colonnes d'air que j'ai traversées sont la plupart entre 3000 et 5800 mètres: j'y ai ajouté les résultats du décroissement du calorique relatif à 1° du thermomètre de Réaumur:

LIEUX ET ÉPOQUES de l'OBSERVATION.	LATITUDE des lieux.	HAUTEUR de la colonne d'air parcourue.	DIFFÉRENCE de température entre la couche infér. et supér. (Th. centig.)	LOI DU DÉCREOISSEMENT.	
				pour 1 deg. centigrade.	pour 1 deg. du therm. R.
Cofre de Perote. . (février 1804.)	19° 29' bor.	4047 m.	22,01	183, m. 1	117, 5
Nevado de Toluca. . (septembre 1803.)	10° 6' bor.	4619 m.	23,2	198, m. 7	128, 1
Silla de Caraccas. . (janvier 1800.)	10° 57' bor.	2605 m.	15,07	129, m. 8	121, 4
Fuerte de la Cuchilla. (décembre 1799.)	10° 55' bor.	1512 m.	8,05	177, m. 8	114, 1
Guadalupe. (juillet 1801.)	4° 58' bor.	5287 m.	16,09	194, m. 4	124, 5
Pichincha. (mai 1802.)	0° 14' bor.	4679 m.	25,07	197, m. 8	126, 3
Chimborazo. (juin 1802.)	1° 28' bor.	5876 m.	29,01	201, m. 9	129, 4
Pico de Teneriffa. . (juin 1799.)	28° 17' bor.	5704 m.	20,01 19,00	184, m. 2 191, 7	118, 5 125, 5
Terme moyen. . .				191, 4 m.	122, 6

Les extrêmes des résultats obtenus ne diffèrent du résultat moyen, pour les minimum et les maximum, que de 10 et de $1\frac{1}{4}$ mètres. D'après cette harmonie frappante, on pourroit supposer que les observations contenues dans le Tableau, ont été choisies parmi un grand nombre, et que le choix n'a pas été fait avec toute l'impartialité requise. Nous éloignerons ce soupçon, en observant que tout le journal de mon voyage n'offre d'autres expériences que celles rapportées dans le Tableau, à l'exception de deux seulement faites sous des circonstances peu favorables. Cependant, ces deux observations rejetées offrent encore un résultat qui ne diffère que de 21 et 25 mètres du résultat moyen. En ne les rejetant pas, on auroit pour la loi du décroissement 193 toises, au lieu de 191 mètres.

Température moyenne de toute l'année. Effet des plateaux.

S'il existoit à la cime de l'Etna, du Pic de Ténériffe ou de Pichincha, des observatoires dans lesquels on fit des expériences diurnes sur la température de l'air, sur son humidité et sa tension électrique, sur les réfractions horizontales, sur les variations horaires de la déclinaison magnétique, expériences comparables à d'autres qu'à la même époque on feroit dans les plaines voisines, l'ensemble de ces travaux importants répandroit un grand jour sur la connoissance physique du globe et de l'atmosphère qui l'enveloppe. La comparaison des températures moyennes d'une année entière donneroit sans doute, sur le décroissement du calorique, un résultat plus exact que des ascensions aérostatiques ou des excursions faites à la cime des montagnes les plus élevées. Mais (par malheur pour le progrès des sciences physiques) dans la zone qui est le centre de la culture intellectuelle, les villes considérables situées sur les plateaux les plus élevés en Europe (Madrid et Inspruck) n'ont pas 600 mètres d'élévation au-dessus du niveau de l'Océan. Il est vrai que dans les Pyrénées et dans les Alpes, deux villages, Heas et St-Remy, sont placés à 1400 et 1600 mètres de hauteur. Le couvent du Saint Bernard est l'endroit le plus élevé qui soit perpétuellement habité en Europe : sa hauteur perpendiculaire est de deux mille mètres. Mais nous ne connoissons point la température moyenne de cet endroit; nous l'ignorons dans la zone tempérée pour toute couche d'air plus élevée que celle dans laquelle se trouve le couvent du Saint-Gothard. Au contraire, dans la partie équinoxiale du nouveau continent, l'homme

habite des plateaux dont la hauteur est bien au-delà de 4000 mètres. Je ne parle pas de quelques hameaux épars; nombre de villes considérables, comme Huancavelica et Micuipampa au Pérou, sont construites sur le dos des Andes à 3700 mètres d'élévation au-dessus du niveau de la mer du Sud. Cette position extraordinaire facilitera singulièrement le progrès des sciences physiques, quand la civilisation du monde, accélérant la marche qu'elle a tenue depuis long-temps de l'est à l'ouest, arrivera des côtes orientales de l'Océan Atlantique aux rives du Missouri et du Maraïon. Jusqu'ici le peu d'observations que l'on a pu recueillir sur la température moyenne des grandes villes de Quito, de Santa-Fe de Bogota, de Mexico et de Popayan, ne sauroit conduire à un résultat exact sur la loi du décroissement du calorique. La position de ces villes s'y oppose; elles ont été fondées au milieu de vastes plaines élevées de 1800 à 3000 mètres au dessus des côtes voisines. On peut considérer ces plateaux comme des bancs ou des bas-fonds de l'océan aérien; fixant les rayons solaires, ils élèvent la température des courans d'air froid et raréfié qui baignent leur surfacc. A la cime du Chimborazo, l'air est généralement de 34° plus froid que celui des côtes, parce que la couche d'air qui enveloppe le sommet est éloignée de 6550 mètres de la surface du globe qui absorbe et fixe les rayons. Si tout le diamètre de la terre augmentoit de 65 mètres, la couche d'air dont nous venons de désigner la température seroit rapprochée de la croûte de notre planète et auroit le climat des plaines actuelles. Par un effet analogue, les plateaux dans lesquels sont situées les grandes capitales de l'Amérique espagnole, donnent à ces villes une température beaucoup plus élevée qu'elles ne devraient avoir à cause de leur hauteur. Cette influence des plateaux sur l'air des hautes régions de l'atmosphère se manifeste dans le Tableau suivant, dans lequel j'ai réuni mes observations sur la température moyenne de quatre villes principales du Nouveau Continent. Sur le dos prolongé de la Cordillère, dans les hautes plaines des Andes, on trouve à 1600 mètres de hauteur la température moyenne d'Alger, à 2700 mètres celle de Florence et de Rome; mais sur la pente rapide, partout où il n'y a point de plateaux, il faut descendre beaucoup plus bas pour trouver des climats analogues à ceux de l'Italie et de l'Afrique septentrionale.

LIEUX d'observation.	LATITUDE des lieux.	ÉLÉVATION au-dessus du niveau de la mer.	TEMPÉRATURE moyenne, observée sur le therm. centigr.	DÉCREOISSEMENT DE CALORIQUE.	
				pour 1° centigrade.	pour 1° de therm. R.
Quito. . .	00 13' 17" <i>approx.</i>	2007. ^m	15 ^o ,0	246 ^m ,4	157 ^m
Popayan. . .	20 26' 17" <i>loc.</i>	1769. ^m	20 ^o ,3	283 ^m ,1	181 ^m ,6
S. Fe de Bogota.	40 35' <i>loc.</i>	2660. ^m	16 ^o ,5	256 ^m ,1	164 ^m ,5
Mexico. . .	190 25' 55" <i>loc.</i>	2277. ^m	16 ^o ,9	249 ^m ,3	160 ^m ,6

Terme moyen. 258^m,4 165^m,7

Ces expériences, faites dans des plateaux propres à échauffer l'air ambiant, donnent, conformément à la théorie développée plus haut, un décroissement plus lent que celui qui résulte des ascensions aérostatiques ou des excursions entreprises vers la cime de pics isolés. Au lieu de 191 mètres, on trouve en terme moyen 258 mètres. Il est aussi intéressant d'observer que l'influence des plateaux sur la température est si uniforme, que trois observations s'accordent entr'elles à 12 mètres près, et que la seule observation faite dans un plateau beaucoup moins élevé et abrité contre les vents froids, ne diffère que de 25 mètres du terme moyen des autres.

Température des Sources.

La troisième méthode indiquée pour déterminer la loi du décroissement du calorique, est la température décroissante des sources qui sont plus ou moins élevées au dessus du niveau de l'Océan. Ce phénomène curieux a été l'objet des recherches de plusieurs savans distingués, de Saussure, de Cavendish, et récemment d'un physicien minéralogiste, M. de Buch, qu'une noble ardeur pour les sciences a guidé au Cap-Nord, pour y étudier les phénomènes que présente la nuit polaire. Les sources indiquent le plus souvent la température moyenne des lieux. Elles l'indiqueroient toujours, si les petits courans d'eau qui filtrent dans l'intérieur des roches venoient de la même hauteur, et si, par conséquent, ces eaux ne réunissoient pas au sein de la terre des températures moyennes qui appartiennent à des élévations différentes. M. Hunter, à l'invitation de Cavendish, a mesuré la chaleur des sources qui arrosent à la Jamaïque la pente des montagnes Bleues. Depuis le niveau de la mer jusqu'à la hauteur de 1272 mètres, M. Hunter trouva que la température de ces sources diminueoit peu à peu de 26^o,5 à 16^o,5 du

thermomètre centigrade. Ce décroissement est beaucoup trop rapide pour ne pas croire que la source la plus élevée, et par conséquent la plus froide, celle de Wallen-House, ne reçoive ses eaux de la cime des montagnes Bleues, qui ont 2218 mètres d'élévation au dessus des côtes de la Jamaïque. Pendant le cours de mes voyages, j'ai eu occasion de faire un grand nombre d'observations analogues. Dans la province de Caraccas, j'ai trouvé constamment (comme je l'ai exposé dans un autre endroit) que les sources étoient de 4-5° plus froides que la chaleur moyenne du lieu où elles venoient au jour. De même, dans la plaine de Rome, les sources ont 11-12°, tandis que la chaleur moyenne de l'air y est de 16°.

Cavernes.

La température des cavernes ou celle des galeries creusées par la main de l'homme, indiqueroit aussi le décroissement du calorique, s'il étoit possible d'observer cette température sous des conditions qui excluroient l'influence d'une multitude de causes locales et même variables dans les mines les plus voisines. Je ne doute pas qu'on ne pût obtenir des résultats intéressans sur ce que l'on désigne du nom pompeux de la température de l'intérieur du globe, si sur la pente de la Cordillère des Andes on creusoit des galeries dans une roche sèche qui ne contiendrait ni partie métallique, ni fentes ouvertes à la circulation de l'air, de 1000 à 1000 mètres depuis le niveau de la mer du Sud jusqu'à 4800 mètres de hauteur. Les expériences faites depuis tant d'années dans les caves de l'Observatoire Impérial et dans quelques autres endroits de l'Europe, prouvent que l'on trouveroit dans ces galeries une chaleur identique avec la température moyenne des couches d'air qui sont placées à la même hauteur que la bouche de la mine. Mais le voyageur qui n'a à sa disposition que les creux ouverts par la main de la nature ou par l'industrie de l'homme, est bien éloigné de pouvoir fournir des résultats satisfaisans; il mesure la température de la croûte du globe modifiée par la décomposition des substances métalliques, par la formation des fluides aériformes, par la force conductrice qu'ont les différentes roches pour le calorique, et par des courans d'eau et d'air dont il ignore l'origine et la longueur du chemin tortueux. Je me suis trouvé aux Andes, dans l'hémisphère austral, dans des mines dont le fond étoit élevé de 3700 mètres au dessus du niveau des mers; l'air y étoit constamment de 13°,7 à

140,2, tandis que l'atmosphère extérieure varioit de $-2\frac{1}{2}$ à $+8^{\circ}$. Deux mille sept cents mètres plus bas que cette mine péruvienne de Micuipampa, dans la caverne du Guacharo dans la province de Cumana, le thermomètre centigrade indiquoit 18,7. Sur les côtes de l'île de Cuba, la température des cavernes calcaires voisines de la Havane est de $22\frac{1}{2}$. Ces résultats sont d'autant plus curieux, qu'on ne peut les obtenir qu'à la pente du groupe colossal des Andes. On n'y méconnoît pas l'influence de l'élévation des sites sur la température des cavernes et des mines; mais ces observations, que j'ai tâché de multiplier aussi souvent que les circonstances l'ont permis, ne sont pas d'une nature à pouvoir mener à la connoissance exacte de la loi que nous cherchons.

Limite des Neiges perpétuelles.

La différence de hauteur à laquelle se trouvent les neiges perpétuelles, depuis le pôle jusqu'à l'équateur, présente un sixième et dernier moyen par lequel on pourroit être tenté de vouloir résoudre le problème du décroissement de la chaleur. Si, conformément à la supposition de Bougnier, cette limite inférieure se trouvoit exactement à la hauteur d'une couche d'air dont la température moyenne est zéro, la simple détermination de cette hauteur, comparée à la température moyenne de la plaine voisine, offriroit dans chaque zone le décroissement du calorique. Or, d'après les mesures faites dans les différentes parties du globe par Saussure, Ramond, Ohlsen, M. de Buch et par moi, les neiges éternelles commencent :

sous l'équateur à	4800 m. de hauteur.
20° de lat. à	4600
45° . . .	3550
62° . . .	1750
65° . . .	950

Les températures moyennes correspondantes à ces latitudes indiquées, sont, d'après les observations les plus exactes :

pour 0° latitude	27°
20°	26°
45°	12,7°
62°	4°
65°	0°

Il suit de la comparaison de ces deux séries de nombres un décroissement moyen de chaleur qui ne s'accorde guère avec le résultat des voies plus directes. Le manque d'harmonie se fait bien sentir depuis l'équateur jusqu'au parallèle de 45° , où l'on trouve, au lieu de 191 mètres par degré du thermomètre centigrade, 177, 176 et 200 mètres. Mais plus on approche du pôle, et plus on s'aperçoit que la méthode est défectueuse; on trouveroit 437 mètres et 950 mètres pour la Norvège et pour l'Islande. Cependant la cause de ces irrégularités est facile à entrevoir. Nous prouverons plus bas que le décroissement de la chaleur dans l'air est fonction de la température moyenne des plaines; et que par conséquent le décroissement, dans la même zone, est plus lent en hiver qu'en été. En considérant le décroissement moyen de toute l'année, on le trouve aussi plus rapide dans les régions équinoxiales que dans la zone plus voisine du pôle. Des observations de réfraction horizontales faites récemment à Torneo, fixent même les limites de ces variations; elles prouvent que le décroissement correspondant à 62° de latitude, bien loin d'être la moitié de celui observé sous l'équateur, n'est encore que d'un cinquième plus lent. Si l'on parcourt les différentes zones depuis les tropiques jusqu'au cercle polaire; si l'on jette les yeux sur les dernières mesures très-exactes faites par MM. de Buch, Ohlson et Vetlafsen, on est frappé de la grande hauteur à laquelle commencent les neiges perpétuelles au-delà du 58° de latitude boréale. On voit diminuer la température moyenne depuis Paris jusqu'en Norvège en raison de 3 : 1, tandis que les limites des neiges perpétuelles sont en rapport de 5 : 3. Mais la cause de ce phénomène n'est pas l'effet seul de la lenteur du décroissement du calorique; des expériences directes prouvent (et ce point n'a pas encore été discuté par les physiciens) que la couche d'air par laquelle passe la courbe des neiges éternelles, n'a pas la même température moyenne dans les différentes zones du globe; que bien loin d'être à zéro, comme Bonguer et après lui tous les physiciens l'ont supposé, elle est au dessus de zéro sous l'équateur et au dessous dans les régions boréales. M. Cotta a déduit soigneusement la température moyenne du convent du St. Gothard, des observations qui y ont été faites à l'invitation de la Société météorologique de Manheim : cette température moyenne est d'un degré au dessous du point de la congélation. Cependant, le convent est baigné par des vents chauds venant des plaines de la Lombardie, et le passage du St. Gothard est de près de 600 mètres plus bas que la limite des neiges perpétuelles. Les frères Moraves, qui observent

assidûment le thermomètre à Nain, situé sur la côte orientale du Labrador, sous les 56° 55' de latitude, y trouvent la température moyenne de 3° au dessous de zéro, et cependant Nain est encore éloigné de 9° du cercle polaire, et peut-être de plus de 20° du point où la courbe des neiges éternelles coïncide avec la surface du globe. M. Pictet, qui nous a fourni des observations curieuses sur la hauteur des neiges à la pente du Buet, pense aussi que ces neiges commencent dans une couche d'air dont la température moyenne peut être évaluée à 4° $\frac{1}{2}$ au dessous du point de la congélation. Plus au nord, cette couche d'air est plus froide encore; car, plus les neiges descendent, et plus elles sont exposées à la chaleur que pendant l'été communique la surface du globe aux couches d'air supérieures. Ces variations de température, dont l'influence est en rapport inverse avec la hauteur à laquelle commencent les glaces, se manifestent aussi dans le phénomène que l'on peut appeler l'oscillation de la limite inférieure; oscillation qui sous l'équateur est de 50 mètres, sous le tropique du Cancer de plus de 600 mètres, sous les 45° de plus de 2000 mètres.

Dans la zone torride, où l'influence des saisons est nulle, on trouve les neiges perpétuelles à une élévation dont la température moyenne est à peu près 1° $\frac{1}{2}$ au dessus de zéro. Il est infiniment rare, dans la Cordillère des Andes, de voir entre 4000 et 5300 mètres de hauteur le thermomètre à zéro, surtout depuis sept heures du matin jusqu'à huit heures du soir : à cette époque, la température de l'air reste généralement entre 3° et 9°; quelquefois elle monte, et c'est très-remarquable, jusqu'à 15° ou 19°. A la pente du Chimborazo, à 5550 mètres d'élévation, par un temps froid et brumeux, le soleil ayant été caché pendant vingt-deux heures de suite, il se soutint encore à 20,8 au dessus de zéro. Le plus grand froid que les Académiciens françois observèrent, en 1737, dans leur cabane de Pichincha, située près de la limite des neiges perpétuelles, étoit au lever du soleil de - 6°. Or, la température du jour étoit entre 3 et 9° : il s'ensuit que la moyenne est aussi au dessus de zéro. Ce résultat est conforme à la théorie; car à ces hauteurs il tombe presque journellement de la neige, le thermomètre étant à 1° ou 2° au dessus du point de la congélation. Ce qui en fond pendant quelques heures est compensé par une nouvelle précipitation. La couche intérieure est défendue par la couche extérieure; l'équilibre se maintient dans un air dont la température moyenne est celle à laquelle il tombe de la neige dans tous les climats. Il suit de ces recherches que la connoissance de la limite

des glaces éternelles ne peut pas conduire à la connoissance de la loi du décroissement, cette limite n'étant pas seulement fonction du décroissement, mais aussi d'une autre quantité qui est variable selon les latitudes, et que nous ne pouvons déterminer qu'imparfaitement.

Nous venons de discuter les six méthodes par lesquelles on pouvoit espérer de fixer la loi du refroidissement des couches d'air superposées. Nous avons vu que les ascensions aérostatiques et les voyages faits à la cime de montagnes escarpées sont les seuls moyens qui mènent à la résolution complète d'un problème dont dépend l'inflexion des rayons lumineux au dessous de dix degrés de hauteur apparente. Le résultat d'une série d'expériences, dont les extrêmes s'accordent à 14 mètres près, est que dans la région équinoxiale, où la température moyenne de la plaine est de 22° à 26°, le décroissement moyen est de 191 mètres pour 1° du thermomètre centigrade. Il nous reste à comparer ce décroissement avec celui observé dans la zone tempérée; car, comme nous l'avons développé plus haut, si les réfractions horizontales ou presque horizontales étoient aussi petites sous l'équateur que Bouguer les indique, la cause de ce phénomène ne pourroit être fondée que dans un décroissement qui seroit plus rapide sous les tropiques et plus lent en Europe.

Expériences faites en Europe sur le décroissement du calorique.

Mais nous verrons bientôt que cette différence n'est qu'imaginaire. Je ne parlerai pas des rêves d'un grand homme, qui crut que la température de l'air pouvoit augmenter à mesure que l'on s'éloignoit de la surface du globe. Daniel Bernoulli, dans son traité d'Hydrodynamique, attribue le froid que l'on sent sur les montagnes à quelque influence secrète du sol. Séduit par de fausses observations du P. Feuillée, il ajoute : *Non puto absurdum esse si dicamus calorem aeris medium eo majorem esse, quo magis a superficie maris distat.* Je ne citerai pas les nombres auxquels s'arrête Lambert dans sa Pyrométrie et dans les Mémoires de l'Académie de Berlin pour l'année 1772. Des spéculations théoriques conduisirent ce géomètre à admettre que le décroissement du calorique, depuis le niveau de la mer jusqu'à 1000 mètres de hauteur, est de 80 mètres; depuis 1000 jusqu'à 3000 mètres, de 100 mètres; et au-delà de la cime de l'Etna, de 129 mètres. Saussure, guidé par des expériences directes, suppose le décroissement pendant l'été

de 160 mètres, pendant l'hiver de 230 mètres. Son voyage à la cime de l'Etna lui donne 177 mètres, celui au Mont-Blanc 142 mètres; mais Sausure même regarde le dernier résultat comme peu exact, à cause des circonstances particulières qui ont accompagné l'observation.

Le résultat le plus précis que nous ayons jusqu'à ce jour sur le refroidissement des couches d'air atmosphérique, est celui fourni par la seconde ascension aérostatique que M. Gay-Lussac a faite à l'invitation de cette Classe: le thermomètre indiquoit à terre $+ 27^{\circ},7$ à 3700 mètres au dessus de Paris $80,5$ à 6980 mètres $- 0^{\circ},5$. Il en résulte, pour la première colonne d'air de 1900 toises, un décroissement de 193 mètres; pour la région de l'atmosphère située entre la hauteur du Pic de Ténériffe et celle du Chimborazo, 182 mètres; pour toute la hauteur de 7000 mètres, 187 mètres. Si l'on admet que le petit changement de température de 3° qui a eu lieu à la surface de la terre pendant la durée de l'ascension, s'est fait sentir instantanément à l'énorme hauteur à laquelle se trouvoit le voyageur (supposition qui ne paroît pas tout-à-fait exacte), on aura 173 mètres au lieu de 193 mètres. Il suit de cette observation précieuse qu'à une époque où, sous les 49° de latitude, la température de la plaine étoit égale à la température moyenne des tropiques, la loi du décroissement du calorique étoit la même dans les deux zones. Le résultat que je trouve pour l'équateur ne diffère de celui obtenu au dessus de Paris que de 2 mètres, et dans le cas d'une supposition moins fondée, de 18 mètres sur 191 mètres. Cette distribution égale du calorique, cet équilibre de température dans lequel se placent des couches d'air horizontalement éloignées les unes des autres de plus de 2000 lieues, ont de quoi exciter notre admiration. Au dessus de la hauteur du Mont-Blanc, nous avons, M. Gay-Lussac et moi, l'un sous les 49° de-latitude, l'autre sur la pente du Chimborazo, observé à un demi degré près, aux mêmes hauteurs, les mêmes températures.

Effet du froid des plaines sur la loi du décroissement du calorique.

Nous pourrions nous arrêter aux résultats que nous venons d'obtenir; ils suffisent pour prouver que la loi que suit le décroissement du calorique sous l'équateur, n'y peut pas produire une différence de réfractions horizontales avec celles qui ont été observées pendant l'été dans le nord de l'Europe. Mais pour compléter ces recherches sur la constitution physique

de l'atmosphère, il est important de discuter un autre point sur lequel nous manquons d'observations précises. Si la température des couches d'air superposées décroît au dessus d'une plaine dont l'air ambiant est entre 22° et 30° , en raison de 191 mètres par degré du thermomètre centigrade, il ne s'ensuit pas de-là que cette loi soit la même lorsque l'air de la plaine s'éloigne de cette température normale à laquelle ont été faites les observations sous l'équateur et en Europe. Les habitans des montagnes savent, et la théorie de l'échauffement du globe par les rayons solaires l'explique facilement, qu'en hiver il fait beaucoup moins froid sur les grandes hauteurs qu'on ne devoit le supposer d'après la différence de température observée en été entre les montagnes et les plaines. Saussure crut (comme je l'ai rapporté plus haut) que si le décroissement en été étoit de 160 mètres, il devoit être de 230 mètres pendant les hivers de l'Europe. Aucune observation directe n'a été faite jusqu'ici pour confirmer cette supposition. Les hauteurs des trois couvens du St. Gothard, du St. Bernard et du Mont-Cenis, sont beaucoup trop petites pour donner des résultats exacts. Des excursions vers la cime de montagnes considérablement élevées, des ascensions aérostatiques, sont des entreprises également dangereuses à exécuter par un froid très-rigoureux. Afin de résoudre cependant un problème si intéressant pour la théorie des réfractions et des mesures barométriques, je me suis servi de la voie indirecte qu'a indiquée, le premier, M. Laplace dans le quatrième volume de sa Mécanique céleste. Le voyage aérien de M. Gay-Lussac a engagé ce grand géomètre à donner des formules par lesquelles on détermine le décroissement de la chaleur par l'observation des réfractions horizontales. M. Svanberg, un des savans suédois envoyés au cercle polaire pour vérifier la mesure de Maupertuis, nous a transmis deux observations de réfractions presque horizontales faites par un froid excessif de 13° et 29° centigrade au dessous du point de la congélation. J'ai invité M. Matthieu, secrétaire au Bureau des longitudes, de vouloir bien calculer ces observations d'après les formules de la Mécanique céleste. Cet astronome dont la grande exactitude est connue aux géomètres de cette Classe, a trouvé un résultat extrêmement curieux. Un des angles de M. Svanberg donne $243^{\circ},8$, l'autre 243° par degré du thermomètre centigrade, ou $156^{\circ},5$ pour un degré du thermomètre de Réaumur. Ces nombres, qui ne s'écartent entr'eux que de huit décimètres, prouvent encore cette admirable uniformité avec laquelle la chaleur se répand dans l'atmosphère

pendant deux jours dont la température diffère de 16°. Des deux observations de M. Svanberg, l'une a été faite à 0° 55', l'autre à 0° 16' de hauteur apparente. M. Mathieu, pour les réduire à l'horizon, s'est servi de la supposition plus que probable, que les réfractions sous les 45° de latitude et au pôle sont proportionnelles pour des hauteurs égales et très-petites.

Variations des réfractions horizontales.

Nous ignorons encore, pour les zones tempérées, la réfraction horizontale de toute l'année. Pour la déterminer, il faudroit un grand nombre d'observations précises faites à différentes températures; il faudroit qu'on les réduisit toutes à la même pression barométrique et au même degré du thermomètre. La belle série d'observations faites par M. Delambre à Bourges, à 230 mètres au dessus du niveau de la mer, prouve que, le thermomètre demeurant entre 12° et 25°, les réfractions horizontales varient de 30' 20" à 35'. La moyenne, à cette température, étoit de 32' 24", qui font 34' 14" du point de la congélation. Dans la Table de Mayer, cette réfraction horizontale est d'une minute plus petite; dans celle de M. Laplace, elle est de 1' 22" plus grande. Ces différences de 4' 40" observées par M. Delambre, sembloient indiquer une variation considérable dans le décroissement du calorique. Il me paroissoit indispensable d'en déterminer la quantité absolue. Voici ce que donne le calcul, en réduisant la réfraction à zéro de température :

Nouvelle division.	Ancienne division.	Décroissm. calculé pour 1° R.	Décroissm. calculé pour 1° centigrade.
7447"	40' 15"	156	244
7000"	37' 48"	159	217
6500"	35' 6"	116	172
6000"	32' 24"	68	106

On pourroit être frappé de ne pas voir correspondre dans ce Tableau, à la réfraction moyenne de 34' 14", réfraction qui est l'effet de la constitution moyenne de l'atmosphère en été, le même décroissement du calorique que nous ont donné des expériences directes. Le calcul n'offre que 151 mètres au

lien de 191. Mais il ne faut pas oublier que le soleil levant ou couchant ne sert pas seulement à mesurer la réfraction horizontale; il influe aussi lui-même sur la constitution de l'atmosphère. Il est probable qu'à ces deux époques du jour, des couches d'air les plus voisines ont la densité la plus différente. Cette irrégularité, causée par les premiers ou par les derniers rayons du soleil, doit rendre plus rapide le décroissement de la chaleur, et surtout sous les tropiques. On conçoit que la réfraction horizontale du disque solaire ne donne pas rigoureusement le décroissement moyen du jour, mais qu'elle indique ce décroissement modifié par le lever ou le coucher de l'astre. Cependant, ces variations correspondantes à $4' 40''$ (quantité dont varient, selon M. Delambre, les réfractions horizontales d'un jour à l'autre en été) ne sont encore que de 48 mètres par degré du thermomètre centigrade. Il est aisé de conclure de ce maximum combien doit être constante la loi du décroissement pendant le milieu du jour, lorsque les petites causes d'irrégularité cessent de troubler l'équilibre général de l'atmosphère.

Nous venons d'établir, par l'ensemble de ces discussions, 1^o. que le refroidissement des couches d'air superposées suit la même loi sous les tropiques que dans la zone tempérée pendant l'été, et que cette loi est à-peu-près de 200 mètres par degré du thermomètre centigrade; 2^o. que le décroissement varie avec la température plus ou moins élevée de la couche inférieure de l'air, mais que ce ralentissement pendant le froid le plus rigoureux ne paroît pas dépasser 244 mètres, c'est-à-dire que le décroissement diminue d'un cinquième depuis 25° au dessus jusqu'à 29° au dessous du point de la congélation; 3^o. que le décroissement moyen de toute l'année est fonction de la température moyenne des différentes zones, et que par conséquent il se ralentit depuis l'équateur au pôle. Nous terminerons la seconde partie de ce Mémoire par une remarque sur la nature de la progression que suit le refroidissement des couches d'air atmosphériques.

L'expression généralement reçue, qu'une colonne d'air de telle ou telle hauteur appartient à un décroissement d'une quantité constante de chaleur, n'est pas rigoureusement exacte : elle l'est tout aussi peu que celle qu'un millimètre d'abaissement barométrique équivaut à tant et tant de mètres de hauteur. Les observations d'hiver tendent à prouver que le décroissement ne suit plus une progression arithmétique lorsqu'on s'éloigne beaucoup de la température normale de 25°, à laquelle la plus grande partie des mesures ont été prises. Soient T et T' les températures de deux

couches d'air, h la hauteur de la colonne, et f un facteur constant, alors les observations peuvent être représentées ou par $T - T' = hf$, ou en admettant constant le rapport de T à T' . Si, par exemple, la température de Milan est en été de 15° , lorsqu'à la cime du St. Gothard elle est de 5° , l'expérience prouve que cette différence sera moindre lorsque la chaleur diminue à Milan. Il est probable que la différence seroit plus grande si la chaleur de la plaine pouvoit augmenter de 15 ou 20°. Une progression géométrique exprime à peu près cet état de variation du décroissement au dessus ou au dessous de la température normale de la plaine. Aussi Euler, en 1754, dans un Mémoire célèbre sur les réfractions de la lumière en passant par l'atmosphère, s'arrête à l'hypothèse d'une progression géométrique. En nommant h la différence de hauteur de deux couches d'air, dans lesquelles un thermomètre à air marque $1 + T$ et $1 + T'$, Euler trouve :

$$\frac{1}{f} = \frac{T - T'}{h(1 + T')}$$

M. Oltmanns a réduit le thermomètre à air au thermomètre de mercure, en supposant que, depuis le terme de la glace fondante jusqu'au terme de l'eau bouillante, un volume d'air augmente de 1,375. Il trouve pour six de ses observations les valeurs suivantes du coefficient $\frac{1}{f}$:

Pour le Pic de Ténériffe	= 0,000036563.
— le Nevado de Toluca.	= 0,000039633.
— la Sille de Caraccas	= 0,000035506.
— Pichincha	= 0,000036579.
— le Fuerte de la Cuchilla.	= 0,000038344.
— le Chimborazo	= 0,000036447.

Ces nombres résultant d'observations dans lesquelles les températures inférieures étoient peu différentes entr'elles, offrent une harmonie très-grande. Cependant, les écarts deviennent considérables à mesure que la température de la couche inférieure diminue beaucoup. Ainsi ces considérations confirment le principe établi par l'auteur de la Mécanique céleste, que le décroissement du calorique est compris entre les limites d'une densité décroissante en progression géométrique et d'une densité décroissante en arithmétique. Mais ce n'est qu'après avoir recueilli un grand nombre d'observations précises

faites à des températures très-basses, que l'on parviendra à la connoissance complète d'une loi aussi importante. Jusqu'à cette époque, il sera prudent de considérer les résultats obtenus comme dépendans des *températures normales* des plaines au dessus desquelles le décroissement a été observé.

PARTIE ASTRONOMIQUE.

Après avoir examiné, dans la partie physique de ce Mémoire, tout ce qui peut modifier l'inflexion de la lumière; après avoir réuni tout ce que j'ai observé sur la constitution de l'atmosphère équinoxiale, il ne me reste plus qu'à résoudre, dans la troisième et dernière partie, la contradiction apparente qui existe entre la Table de réfraction de Bouguer pour la zone torride, et entre la loi que suit le décroissement du calorique sous l'équateur.

Bouguer se proposa un triple but dans ses recherches sur les réfractions. Comme, avant Tycho, on avoit cru que la lumière des étoiles éprouvoit une autre réfraction dans l'air que la lumière du soleil et celle des planètes, de même, lors du départ des Académiciens françois pour le Pérou, on regardoit comme certain que les réfractions augmentoient à mesure que l'on s'élève au dessus du niveau de l'Océan. Bouguer s'occupa, pendant son voyage, à examiner, 1^o. l'influence de la hauteur sur l'inflexion de la lumière; 2^o. la différence de réfractions que présentent la zone torride et la zone tempérée; 3^o. celle que l'on observe entre les réfractions moyennes du jour et celles de la nuit. Il n'y a que les deux derniers problèmes qui nous intéressent en ce moment. Bouguer fit des observations au bord de la mer dans l'île de St. Domingue (à la Caye de St. Louis et au Petit Goave) et sur les côtes de la mer du Sud, à l'embouchure des rivières de Xama et des Émérandes; le détail de ces diverses observations ne nous est point parvenu: aussi ne paroissent-elles avoir été qu'en très-petit nombre. Quelques-unes donnoient les mêmes réfractions que l'on observe en France; mais l'astronome les regarda comme de simples anomalies: aussi ne crut-il être sûr que de 15 ou 20" sexagésimales. Il observa entre l'horizon et 12^o de hauteur apparente. Le travail principal fut fait à Quito à 2907 mètres d'élévation. Par conséquent, pour reconnoître la réfraction supposée particulière à la zone torride, il fallut dégager les résultats de l'effet de la hauteur du lieu. Pour vaincre ces difficultés, ou plutôt pour assujétir les observations à l'hypothèse que les septièmes puissances des quantités inverses des

pouvoirs réfringens sont en même raison que les distances au centre de la terre, le géomètre, plus intéressé à établir une théorie qu'à offrir au public le simple résultat de ses observations, se permit d'altérer ces dernières; il les diminua (comme il s'en vante lui-même) pour mettre entr'elles une certaine loi, et pour les concilier mieux les unes avec les autres. Des deux Tables de réfractions publiées dans les Mémoires de l'Académie, Bouguer regarda comme plus exacte celle pour l'année 1749. Afin que l'on puisse réduire ces réfractions observées à Quito à celles qui ont lieu dans des régions plus basses de l'atmosphère, Bouguer ajoute une colonne de différences correspondantes à chaque 1000 mètres d'abaissement. Il remarque qu'on ne doit se fier à ces différences que pour des endroits qui ne sont que de 1500 mètres plus bas que la ville de Quito. Mais il oublie que la température moyenne varie considérablement jusqu'à cette hauteur, et qu'il n'est pas permis de négliger l'effet de cette influence thermométrique. D'un autre côté, le manque d'accord qui se trouve entre la Table de Bouguer pour Quito et celle que le même géomètre donne pour des lieux situés au niveau de la mer, ne peut pas être attribué à la différence de température seule. En réduisant les réfractions de Quito au niveau de la mer, on les trouve, au dessous de 8° de hauteur apparente, trop fortes d'une minute sexagésimale. Cependant, la différence de température entre la ville de Quito et les côtes de la mer du Sud, ne diminueroit la réfraction que de 10 à 18". Voici une cause de plus pour soupçonner que le géomètre s'étoit arrêté, pour les réfractions dans la plaine, à des nombres trop petits. En effet, la Table construite pour Quito paroît s'accorder mieux avec l'état de l'atmosphère équinoxiale; du moins quelques observations de α du Centaure que j'ai faites à la ville de Mexico, où l'étoile passe par le méridien sous un angle apparent de 11° 12', ne m'ont pas donné les différences aussi grandes que celles que j'ai trouvées en comparant mes résultats obtenus sur les côtes à ceux de Bouguer.

Le Gentil, dans son voyage aux Andes, a repris le travail de ce dernier géomètre. Il a fait à Pondichéry, en 1769, un grand nombre d'observations qui paroissent sûres à 10 ou 12" près. Il observa des réfractions entre l'horizon et 14° de hauteur, de demi degré en demi degré. Sa Table de réfractions pour la côte de Coromandel est calculée sur douze observations faites à 10° et sur six observations faites à 6° de hauteur apparente. Le Gentil, malgré les chaleurs de Pondichéry, qui sont supérieures à celles de la côte

de Quito, trouva les réfractions pour la zone torride beaucoup plus grandes que Bouguer, et peu différentes de la Table de Bradley. Les différences entre les observations de Le Gentil et de Bouguer sont par des angles de 88° , 87° et 82° de distance zénithale à $169''$, $103''$ et $32''$ sexagésimales. Dans cet état de choses, un observateur exercé, quoique muni d'instrumens d'un petit diamètre, pouvoit se flatter de prononcer sur un problème moins intéressant pour l'astronomie pratique que pour la théorie physique des réfractions horizontales.

Pendant l'espace de cinq ans que je me suis livré assidûment à des observations astronomiques dans les régions équinoxiales du nouveau continent, je ne me doutois pas que l'erreur pût être du côté de Bouguer. Je ne connoissois assez ni la théorie des réfractions horizontales, ni le décroissement du calorique dans le nord de l'Europe, pour savoir que les résultats que j'avois obtenus sous les tropiques étoient en contradiction directe avec la supposition d'une réfraction aussi foible. Je fis cependant, plutôt pour confirmer les résultats de Bouguer que pour les combattre, plusieurs observations de réfractions en marquant soigneusement l'état du baromètre, du thermomètre, de l'hygromètre, et souvent même celui du cyanomètre. J'étois sûr du temps vrai à une seconde près par le moyen d'un grand nombre de hauteurs correspondantes ou d'angles horaires simples pris dans des endroits dont j'avois exactement déterminé la latitude. Incertain des résultats que j'obtiendrois, je puis me flatter que ces résultats en inspireront d'autant plus de confiance. De retour en Europe, commençant à connoître les doutes qui enveloppoient les réfractions horizontales de la zone torride, je priai M. Olmanns, dont j'ai présenté plusieurs travaux à la Classe, de choisir, parmi mes observations astronomiques, celles qui pourroient servir à résoudre le problème : il y en a joint d'autres faites par Borda et Pingré au Fort-Royal, et par Maskelyne à la Barbade. Ces observations n'avoient point été calculées par les astronomes qui les ont publiées. Toutes donnent une réfraction beaucoup plus forte que la Table de Bouguer. Les différences vont de $50''$ à $110''$. Elles sont au moins six à huit fois plus grandes que l'on pourroit supposer le maximum de l'erreur de l'observation. Les angles ont été choisis au hasard dans mon Journal astronomique; ils paroissent sûrs à $6''$ ou $7''$ près. Les observations ont été faites dans les deux hémisphères pendant mon séjour à Cumana, à Caraccas, au port de la Trinité de Cuba, et à Acapulco sur les bords de la mer du Sud. En outre du soleil,

j'ai observé les Belles étoiles australes « de la Croix du Sud et α du Centaure. Les observations de Pingré et de Maskelyne offrent sans doute un plus haut degré d'exactitude que les miennes. D'ailleurs, elles s'accordent avec les dernières, et prouvent qu'au dessus de 88° , surtout au dessus de 85° de distance zénithale, les réfractions sont beaucoup plus régulières que les astronomes croient communément. J'ai réuni dans le Tableau suivant mes observations rédigées par M. Olmanns. Celles que j'ai faites à Caraccas ont été calculées par ce jeune géomètre, d'après une méthode qui lui est propre, et qui se fonde sur la connoissance exacte de la longitude du lieu. J'avois pris à Carraccas quelques distances de la lune au soleil; le dernier de ces astres étant très-bas, la méthode de M. Olmanns a l'avantage qu'une petite erreur dans la recherche du temps y influe peu sur l'exactitude du résultat.

LIEUX ET ÉPOQUES de l'observation.	HAUTEURS apparentes.	RÉFRACTIONS observées.	DIFFÉRENCE de ces observations avec la table de Bouguer.
Cumana, en oct. 1799.	$5^{\circ} 56'$	$8' 18'',3$	$+ 0' 56'',6$
"	$6^{\circ} 22'$	$6' 40'',8$	$+ 0' 0'',2$
"	$6^{\circ} 59'$	$7' 52'',7$	$+ 1' 8'',7$
"	$7^{\circ} 54'$	$5' 48'',6$	$+ 0' 24'',0$
septembre 1800.	$1^{\circ} 46' 46''$	$17' 56'',4$	$+ 1' 20'',4$
"	$1^{\circ} 24' 51''$	$19' 53'',5$	$+ 1' 26'',5$
Carraccas, 460 toises au-dessus de la mer. . .	$7^{\circ} 2'$	$6' 55''$	$+ 1' 4''$
"	$6^{\circ} 12'$	$7' 40''$	$+ 1' 11''$
La Trinité de Cuba. .	$8^{\circ} 53'$	$6' 28''$	$+ 2' 0''$
Acapulco, 1803. . .	$11^{\circ} 15'$	$5' 42''$	$+ 1' 53''$
"	$15^{\circ} 48'$	$4' 46'',4$	$+ 1' 43'',4$
Fort-Royal, à la Martinique. (Borda et Pingré.)	$27^{\circ} 44'$	$2' 4'',6$	$+ 0' 59'',6$
"	$23^{\circ} 10'$	$5' 42'',5$	$+ 1' 57'',5$
La Barbade (Maskelyne).	$0^{\circ} 3'$	$27' 46'',3$	$+ 0' 49'',3$

Depuis que j'ai été occupé de ces recherches, M. Delambre m'a appris qu'à l'occasion de sa Table de Bourges, il a recalculé soigneusement toutes les observations de Le Gentil; il les a trouvées non-seulement suffisamment

bonnes, mais aussi, à quelques minutes près, conformes à la Théorie de Bradley, tandis que la Table que Duvaucel a calculée sur les observations de Pondichéry est affectée d'une erreur constante. D'après l'harmonie des résultats que nous venons de rénnir, il ne paroît plus douteux qu'en été la loi du décroissement du calorique et les réfractions horizontales observées dans la zone tempérée, sont identiques avec celles que présente la zone torride.

Mais le refroidissement des couches d'air superposées, étant plus lent pendant la nuit que pendant le jour, en hiver plus lent que pendant l'été, il reste un travail intéressant à faire, en observant les réfractions des mêmes étoiles à 8 $\frac{1}{2}$ ou 8 $\frac{3}{4}$ de distance zénithale pendant les grandes chaleurs de l'été et pendant les froids les plus rigoureux de l'hiver. Il seroit important aussi de comparer les observations précises faites pendant la nuit et pendant le jour au soleil couchant et levant. Je n'ignore pas que Bouguer, dans son second Mémoire, rapporte avoir trouvé que les réfractions au dessus de 7 ou 8 $\frac{1}{2}$ de hauteur apparente, sont de $\frac{1}{2}$ ou $\frac{1}{3}$ plus fortes de nuit que de jour; mais cette assertion ne peut pas inspirer de la confiance, l'observateur n'ayant pas appliqué aux résultats les corrections thermométriques. Il est plus que probable cependant qu'après avoir ramené les réfractions presque horizontales à la même température et à la même pression barométrique, on les trouvera un peu plus fortes pendant l'hiver et pendant la nuit. Possédant deux cercles répéteurs, dont l'un, de Throughton, est de 5 décimètres et d'une belle exécution, nous comptons, M. Oltmanns et moi, nous livrer à ce travail, lorsque d'autres occupations nous ont forcés, non d'y renoncer, mais de le remettre à une époque plus favorable. Je me flatte que retournant un jour dans la zone torride, et muni d'instrumens plus parfaits, je pourrai, avec quelque succès, étudier les petites modifications qu'éprouve l'inflexion du rayon lumineux dans son passage par l'air atmosphérique.

*Note de M. DELAMBRE, sur les réfractions astronomiques
observées à Pondichéry, en 1769, par Le Gentil.*

Pour calculer ces observations, il faut d'abord connaître la longitude et la latitude de Pondichéry.

Par un milieu entre dix-sept éclipses du premier satellite, Le Gentil a trouvé :

pour la longitude.	5h 10' 6" est.
par les angles horaires de la lune.	Tables de Mayer. . . 5h 10' 0"
	Tables de Clairaut. . 5h 10' 4"
Il s'en tient à.	5h 10' 6"

Quelques secondes d'incertitude ne peuvent ici produire aucun effet sensible. Il n'en est pas de même de la latitude.

Le Gentil avoit supposé dans tous ses calculs. 11° 56' 30" de lat. boréale.
Il dit, p. 439 du tome I de son Voyage, qu'il a été obligé .

de la réduire à. 11° 55' 44" 58" ou 40"

A la page 414, il donne. 11° 55' 39"

Dans la Connaissance des Temps de 1794, on trouve. . . 11° 55' 41"

Je crois qu'on peut supposer. 11° 55' 40"

La certitude de cet élément dépend de la précision avec laquelle il aura déterminé l'erreur du premier point de la division de son quart de cercle.

Il dit, p. 414, que cette erreur est de. 2' 4" 50" additives aux hauteurs
que l'épaisseur du fil est de 13", dont la moitié. = 6" 30" observées.

Ainsi, la correction des hauteurs sera. + 1' 58" 20"

Son quart de cercle est dans mon observatoire; j'ai trouvé que l'épaisseur du fil est en effet encore aujourd'hui de 15 à 14"; mais ce n'est peut-être plus le même fil. Quant à l'erreur de collimation, il seroit assez inutile de la chercher aujourd'hui; on n'en pourroit rien conclure pour le temps de ses observations. Nous sommes donc obligés de nous contenter de la correction + 1' 58" 20" pour toutes les hauteurs observées.

Mais pour calculer ces observations, il faut connaître exactement la marche de la pendule; car le temps vrai est un élément qui est de la plus grande importance dans ces calculs.

Le Gentil régloit sa pendule par les hauteurs correspondantes; mais elles ne donnent exactement que l'instant du midi vrai à la pendule.

Pour en déduire le temps vrai de chaque observation, il faut supposer que la marche étoit uniforme; ce qui peut être douteux, car cette pendule n'avoit point de

verge de compensation. On pourroit soupçonner que la chaleur du jour faisoit retarder la pendule, que la fraîcheur de la nuit lui donnoit une marche plus rapide; et la comparaison de deux midis ne fait connoître que les résultats de deux effets qu'il est impossible de séparer. Il se pourroit donc très-bien que les variations qu'il a remarquées dans les réfractions pour la même hauteur, tiussent à la marche irrégulière de l'horloge, plus encore qu'aux circonstances atmosphériques.

Quoi qu'il en soit, j'ai calculé de nouveau toutes les corrections de ses hauteurs correspondantes, et j'ai trouvé par le midi vrai les mêmes nombres que Le Gentil. J'en excepte seulement le midi du 18 janvier 1769, sur lequel il y avoit une erreur de 3" 40".

En effet (p. 433), le midi non corrigé est évidemment.	11 ^h 53' 26" 6"
l'équation.	— 5" 45"
le midi vrai.	11 ^h 53' 22" 25"
Le Gentil donne 11 ^h 55' 22" 32" et.	11 ^h 53' 18" 45"
Erreur.	3" 40"

Le 8 janvier (p. 400), il y avoit erreur de 1' sur la réduction; mais on voit par le midi vrai que c'est une faute d'impression.

Le 10 janvier (p. 401), par une faute de soustraction, Le Gentil trouve pour le midi vrai, 11^h 50' 43" 13"; il est visible qu'il faut lire 11^h 50' 40" 21"; l'erreur est de 2" 50".

Pour mieux connoître la marche de l'horloge, j'ai rassemblé en un même tableau les réductions au temps vrai et au temps moyen; les unes pour servir aux calculs, et les autres pour mieux connoître la régularité de l'horloge.

JOURS des observations.	RÉDUCTION au temps vrai.	VARIATION diurne.	RÉDUCTION au temps moyen.	VARIATION diurne.
6 janvier 1769.	+ 10' 56",7	— 25",7	+ 17' 28",9	+ 0",9
7.	10' 51",0	24",5	17' 29",8	1",0
8.	10' 6",5	35",3	17' 30",9	1",4
10.	9' 19",8	21",9	17' 33",6	2",5
13.	8' 14",2	20",8	17' 38",5	0",7
15.	7' 32",6	17",4	17' 40",0	3",1
16.	7' 15",2	18",6	17' 43",1	1",0
18.	6' 58",0	18",1	17' 44",8	— 0",1
19.	6' 19",9	— 19",6	17' 44",7	— 8",1
26.	5' 20",2	— 19",6	18' 39",2	— 8",1
28.	4' 50",0	+ 0",7	18' 25",0	+ 10",2
1 février. . .	4' 52",1	— 2",5	18' 55",5	+ 1",6
5.	4' 47",5	— 10",0	18' 56",8	+ 8",7
4.	4' 57",5		19' 5",5	

JOURS des observations.	RÉDUCTION au temps vrai.	VARIATION diurne.	RÉDUCTION au temps moyen.	VARIATION diurne.
15 juin. . .	+ 25' 8",7	- 9",7	+ 25' 6",7	+ 2",3
16.	24' 59",0	8",5	25' 9",0	+
20.	24' 17",6		25' 19",6	+ 2",6
15 juillet. . .	54' 58",6	0",0	40' 12",4	
14.	54' 57",7	- 1",5	40' 15",5	+ 5",1
19.	54' 48",4	+ 1",3	40' 35",4	4",0
20.	54' 49",7	+ 1",8	40' 40",5	4",0
22.	54' 52",5	+ 2",0	40' 48",6	4",1
23.	54' 54",1		40' 52",5	5",9
24.	54' 56",1	2",4	40' 56",0	5",5
25.	54' 58",5	5",5	40' 59",5	5",9
26.	55' 2",0	5",5	41' 3",4	5",1
27.	55' 5",5		41' 6",5	

A l'exception des derniers jours de janvier et des premiers de février, la marche de la pendule est assez régulière, au moins, d'un midi à l'autre; il est possible que du 19 janvier au 26, et du 26 au 28, Le Gentil ait touché à sa pendule, mais il n'en fait aucune mention; ce qui est à regretter d'autant plus, que nous avons, le 27 janvier et le 4 février, des observations de réfractions qui deviennent un peu douteuses, à cause de la marche irrégulière de l'horloge.

Le Gentil a donné les déclinaisons qu'il a supposées dans ses calculs; je les ai trouvées conformes aux Ephémérides de La Caille, et par conséquent aux Tables solaires de cet astronome; ainsi, je n'ai pas cru nécessaire de les calculer de nouveau.

Le 10 janvier, la hauteur observée du bord supérieur du soleil étoit 0° 1' 58",3

la hauteur calculée. 0° 28' 18"

réfraction à 1° 1' 58". 50' 16"

réduction à la réfraction horizontale. 2"

Réfraction horizontale. 50' 18"

Le même jour, la hauteur observée du bord inférieur. 2' 11"

Hauteur calculée. 28' 2"

Réfraction à la hauteur de 2' 11". 50' 13"

2"

Réfraction horizontale. 50' 15"

Milieu, 50' 17". 50' 16",5

Nota. Pour calculer cette seconde observation, j'ai supposé 6^h 9' 45",₂, au lieu de 6^h 10' 15",₂ que porte l'imprimé. La faute est visible; car le soleil auroit employé 3' 25",₁₅ à s'élever de tout son diamètre, ce qui est impossible à Pondichéry.

Le baromètre étoit à 28 pouces. } Réduction à la température
Le thermomètre à . . . 17,5 de Réaumur. } moyenne 1' 24"
Réfraction horizontale pour 28 p. et 17° de Réaumur. 51' 41"

Le 11 janvier, l'observation la plus voisine de l'horizon donne les quantités suivantes :

Hauteur observée, bord supérieur.	1° 1' 58"
" calculée.	0 ^h 58' 56"
Réfraction à 1° 2'.	23' 2"
Baromètre, 28 pouces. }	55"
Therm. + 17,5. }	
Vrai.	25' 57"
à 89° 21' de dist. vraie au zénith, la formule de Bradley donne.	24' 1"
Différence.	4"
Ainsi, la réfraction horizontale doit être environ.	52' 50"

Le 27 janvier, hauteur observée du bord supérieur du soleil.	01' 58"
Hauteur calculée.	30' 4"
Réfraction à 2' de dist. au zénith.	52' 2"
Baromètre, 28 pouces. } réduction.	+ 1' 11"
Therm., 17,0. }	
Réfraction horizontale.	53' 15"

Le 4 février, hauteur observée du bord supérieur du soleil.	+ 1' 58"
" Hauteur calculée.	- 27' 44"
Réfraction à 0 ^h 2'.	26' 42"
Baromètre, 28 pouces. } réduction.	1' 12"
Therm., 17,5. }	
Réfraction moyenne.	50' 54"

Résumé : le 10 janvier, {	bord supérieur. 51' 40"
	bord inférieur. 51' 42"
le 11, {	bord supérieur. 52' 50"
le 27, {	bord supérieur. 53' 13"
le 4 février, {	bord supérieur. 50' 54"
	milieu. 52' 20"

Tel est le résultat moyen des observations d'hiver. Passons à celles d'été.

Le 18 juin, hauteur du bord supérieur du soleil.		0° 1' 58"
Hauteur calculée.		0° 27' 40"
Réfraction.		29' 38"
Barom. 28 o }	réduction.	1' 47"
Therm. + 21,5 }		
Réfraction à 0° z'.		31' 25"
pour z'.		17"
Réfraction horizontale.		31' 42"
Le 14 juillet, hauteur du bord supérieur du soleil.		0° 1' 58"
Hauteur calculée.		0° 30' 43"
Réfraction à 0° z' de hauteur.		32' 41"
Barom. 28 o }	réduction à l'horizon.	17"
Therm. + 22 }	réduction de température.	1' 58"
Réfraction horizontale.		54' 50"
Le 19 juillet, hauteur du bord supérieur du soleil.		0° 1' 58"
Hauteur calculée.		0° 31' 5"
Réfraction à 0° z'.		35' 3"
pour z'.		17"
Barom. 28 }	réduction.	1' 47"
Therm. 21,5 }		
Réfraction horizontale moyenne.		35' 7"
Le 20 juillet, hauteur du bord supérieur du soleil.		0° 1' 58"
Hauteur calculée.		0° 31' 5"
Réfraction à 0° z'.		0° 35' 3"
pour z'.		17"
Barom. 28 }	réduction.	1' 47"
Therm. 21,5 }		
Réfraction horizontale moyenne.		0° 35' 7"
Le 25 juillet, hauteur observée du bord supérieur du soleil.		0° 1' 58"
Hauteur calculée.		0° 31' 12"
Réfraction à 0° z'.		0° 31' 10"
pour z'.		+ 17"
Barom. 28 o }	réduction.	1' 52"
Therm. 25,5 }		
Réfraction horizontale.		33' 19"

Le 27 juillet, hauteur observée du bord supérieur du soleil. . .	0° 1' 58"
Hauteur calculée.	— 0° 50' 46"
Réfraction à 0° 2'.	32' 44"
pour 2'.	18"
Barom. . . 28 0 }	
Therm. . . 21,5 }	température. 1' 58
Réfraction horizontale moyenne.	55' 0"

Résumé des observations d'été :

Le 18 juin.	31' 42"
14 juillet.	34' 56"
19.	35' 7"
20.	35' 7"
23.	33' 19"
27.	35' 0"
Milieu.	34' 12"
Hiver.	32' 26"
Milieu.	33' 19"

Il est remarquable que ces réfractions d'été sont plus fortes que celles d'hiver. Au reste, la différence thermométrique n'est que de 4 degrés. Ainsi, toutes ces réfractions seroient des réfractions d'été dans nos climats, et telles que celles que je viens d'observer à Bourges, où j'ai trouvé pour moyenne $32\frac{1}{2}$, c'est-à-dire, 1' de moins.

Toutes ces observations sont du bord supérieur, à l'exception de la seconde du 10 janvier, qui donne la même réfraction que la première. Cependant le soleil étoit déjà au-dessus de l'horizon apparent de la mer, depuis 25" en hiver, et depuis 59 ou 60" en été (p. 415).

Le Gentil conclut de ces observations. 27' 7"

Il y ajoute pour l'erreur de l'estimation. 1' 58"

Et pour réduire à l'horizon. 21"

Et pour l'erreur de latitude. 17"

Ce qui donneroit à l'horizon. 23' 43"

Il donne. 23' 44"

Il ne tient pas compte de la correction de température, qui est de 1' 50" environ. Ce qui feroit. 31' 53"

Il paroît que Le Gentil s'est trompé d'une quantité constante dans tous ses calculs. J'essaierai ci-après de déterminer cette erreur.

Astronomie.

Le 18 juin, hauteur du bord supérieur du soleil.		0° 1' 58"	
Hauteur calculée.		0° 27' 40"	
Réfraction.		23' 58"	
Barom. 28 0	} réduction.	1' 47"	
Therm. + 21,5			
Réfraction à 0° 2'.		31' 25"	
pour 2'.		17"	
Réfraction horizontale.		31' 42"	
Le 14 juillet, hauteur du bord supérieur du soleil.		0° 1' 58"	
Hauteur calculée.		0° 30' 43"	
Réfraction à 0° 2' de hauteur.		32' 41"	
Barom. 28 0	} réduction à l'horizon.	17"	
Therm. + 22			
Réfraction de température.		1' 58"	
Réfraction horizontale.		34' 50"	
Le 19 juillet, hauteur du bord supérieur du soleil.		0° 1' 58"	
Hauteur calculée.		0° 31' 5"	
Réfraction à 0° 2'.		33' 3"	
pour 2'.		17"	
Barom. 28	} réduction.	1' 47"	
Therm. 21,5			
Réfraction horizontale moyenne.		35' 7"	
Le 20 juillet, hauteur du bord supérieur du soleil.		0° 1' 58"	
Hauteur calculée.		0° 31' 5"	
Réfraction à 0° 2'.		0° 33' 5"	
pour 2'.		17"	
Barom. 28	} réduction.	1' 47"	
Therm. 21,5			
Réfraction horizontale moyenne.		0° 35' 7"	
Le 25 juillet, hauteur observée du bord supérieur du soleil. 0° 1' 58"			
Hauteur calculée.		0° 31' 12"	
Réfraction à 0° 2'.		0° 31' 10"	
pour 2'.		+ 17"	
Barom. 28 0	} réduction.	1' 52"	
Therm. 25,5			
Réfraction horizontale.		33' 19"	

Le 27 juillet, hauteur observée du bord supérieur du soleil. . °		1' 58"
Hauteur calculée.		— ° 50' 46"
Réfraction à ° 2'.		52' 44"
pour 2'.		18"
Barom. . . 28 0 }	température.	1' 58"
Therm. . . 21,5 }		
Réfraction horizontable moyenne.		55' 0"

Résumé des observations d'été :

Le 18 juin.	51' 42"
14 juillet.	54' 56"
19.	55' 7"
20.	55' 7"
25.	55' 19"
27.	55' 0"
Milieu.	54' 12"
Hiver.	52' 26"
Milieu.	53' 19"

Il est remarquable que ces réfractions d'été sont plus fortes que celles d'hiver. Au reste, la différence thermométrique n'est que de 4 degrés. Ainsi, toutes ces réfractions seroient des réfractions d'été dans nos climats, et telles que celles que je viens d'observer à Bourges, où j'ai trouvé pour moyenne 52' $\frac{1}{2}$, c'est-à-dire, 1' de moins.

Toutes ces observations sont du bord supérieur, à l'exception de la seconde du 10 janvier, qui donne la même réfraction que la première. Cependant le soleil étoit déjà au-dessus de l'horizon apparent de la mer, depuis 25" en hiver, et depuis 59 ou 60" en été (p. 415).

Le Gentil conclut de ces observations.	27' 7"
Il y ajoute pour l'erreur de l'estimation.	1' 58"
Et pour réduire à l'horizon.	21"
Et pour l'erreur de latitude.	17"
Ce qui donneroit à l'horizon.	20' 43"
Il donne.	20' 44"

Il ne tient pas compte de la correction de température, qui est de 1' 50" environ. Ce qui feroit. 51' 53"

Il paroît que Le Gentil s'est trompé d'une quantité constante dans tous ses calculs J'essaierai ci-après de déterminer cette erreur.

Astronomie.

Le Gentil n'a calculé que les réfractions horizontales et celles qu'il avoit observées à deux hauteurs, qui sont 10 et 14°.

J'ai refait tous les calculs. En voici les résultats, à commencer par le 7 janvier.

HAUTEURS OBSERVÉES.	RÉFRACTIONS.	RÉFRACTIONS NOUVELLES.	BRADLEY.	EXCÈS À PONDICHÉRI.
20 51' 58"	15' 28"	17' 5"	16' 23"	+ 52"
30 1' 58"	13' 45"	14' 16"	14' 26"	- 10"
20 51' 58"	12' 21"	12' 50"	12' 57"	- 7"
40 1' 58"	10' 45"	11' 12"	11' 41"	- 29"
40 51' 58"	10' 12"	10' 58"	10' 41"	- 5"
50 1' 58"	9' 31"	9' 54"	9' 43"	+ 6"
50 51' 58"	8' 50"	9' 0"	8' 20"	- 20"
60 1' 58"	8' 20"	8' 40"	8' 25"	+ 17"
60 51' 58"	7' 55"	8' 14"	7' 48"	+ 26"
70 1' 58"	7' 14"	7' 26"	7' 18"	+ 8"
70 51' 58"	6' 24"	6' 50"	6' 51"	- 12"
80 1' 58"	6' 24"	6' 50"	6' 17"	+ 13"
80 51' 58"	5' 55"	6' 9"	6' 6"	+ 3"
90 1' 58"	5' 38"	5' 51"	5' 46"	+ 5"
90 51' 58"	5' 17"	5' 30"	5' 26"	+ 1"
100 11' 58"	5' 11"	5' 24"	5' 8"	+ 16"
100 51' 58"	4' 58"	4' 49"	4' 50"	- 10"
110 1' 58"	4' 20"	4' 30"	4' 45"	- 15"
110 51' 58"	4' 12"	4' 32"	4' 55"	- 11"
120 1' 58"	4' 0"	4' 10"	4' 22"	- 12"
120 51' 58"	4' 5"	4' 15"	4' 11"	+ 2"
130 1' 58"	3' 45"	3' 52"	4' 5"	- 10"
130 51' 58"	3' 38"	3' 47"	3' 52"	- 5"
140 1' 58"	3' 52"	3' 41"	3' 44"	- 3"

On ne voit dans ces différences que des erreurs d'observations ou les inexactitudes de la formule de Bradley, et rien qui indique si les réfractions sont plus fortes ou plus faibles à Pondichéri qu'en France ou en Angleterre.

J'avois ainsi calculé, en 1795, toutes les observations de Le Gentil; elles m'avoient toutes donné des résultats semblables. J'avois remis le tout à M. de Borda, qui s'occupoit alors de la théorie des réfractions. J'ai trouvé ces feuilles dans les manuscrits de M. Méchain, qui, sans doute, les avoit recueillies chez M. de Borda, quand il avoit été nommé par la Classe des sciences pour retirer toutes les pièces relatives à l'opération des poids et mesures. J'ignoreis ce qu'étoient devenus mes calculs, il parolt que le reste est égaré; mais les observations de Le Gentil subsistent, et l'on peut les calculer de nouveau. Ce qu'on vient de voir suffit, au reste, pour prouver que les réfractions dans la zone torride sont les mêmes qu'à Paris sensiblement. D'ailleurs, ces observations ne sont pas assez précises pour servir à déterminer la véritable formule.

DELABRE.

Note de M. MATHIEU, sur le décroissement du calorique sous le cercle polaire.

M. Laplace, dans sa Mécanique céleste, a donné des formules qui servent à déterminer, pour chaque climat, la diminution de la chaleur à mesure qu'on s'élève, lorsqu'on connaît la réfraction horizontale moyenne, ou bien des réfractions horizontales observées à des températures et des pressions quelconques. Si les deux réfractions que M. Swemberg a observées en Laponie, eussent été observées à l'horizon même, on auroit donc pu en déduire sur-le-champ la diminution de la chaleur avec autant d'exactitude que par des observations directes. Nous allons cependant essayer d'en déduire la loi du décroissement du calorique au pôle : pour cela nous les ramènerons à l'horizon par une correction bien probable, et qui ne doit pas beaucoup s'écarter de la vérité.

$5972'' =$ réfraction observée à $1^{\circ},0166$ de hauteur $\left\{ \begin{array}{l} \text{baromètre, } 0^{\circ},74544 \\ \text{thermomètre, } -29^{\circ}. \end{array} \right.$

Voici comment on peut corriger cette réfraction. Soient a et b , les réfractions données par les tables à 0° et à $1^{\circ},0166$ de hauteur, en employant la pression $0^{\circ},74544$ et la température -29° , on aura sensiblement :

$$b : a :: 5972'' : R.$$

La quantité R qu'on trouve de $8067^{\circ},9$ est la réfraction qui auroit été observée à l'horizon, en supposant que les réfractions sous le 45° de latitude et au pôle soient proportionnelles pour des hauteurs égales et très-petites.

Les deux quantités l et a , qui sont déterminées pour la pression $0^{\circ},76$ et la température de la glace fondante, demandent des corrections. On aura :

$$l = 7974 (1 + 0,00575 x); \quad a = 0,000295876 \frac{h}{0^{\circ},76 (1 + 0,00575 x)}$$

L'équation en l de la Mécanique céleste deviendra par la substitution de R , l , a et $a = 6366198''$

$$l^2 - 0,0022908 . l^2 + 0,0000014586 . l - 0,0000000023217 = 0.$$

on en tire $l = 0,00078$. Cette valeur de l étant substituée dans l'équation

$$l (1 + f) = \frac{l}{a} - \frac{a}{2} \text{ on trouve } f = 0,22444.$$

Avant d'aller plus loin, vérifions notre hypothèse.

Les réfractions très-près de l'horizon sont données par la formule :

$$s \delta = \frac{2 a \sin. \delta}{(1-a) \sqrt{2f}} \left\{ 1 - \frac{1}{2} f - f^2 \right\} + \frac{a f}{2 (1-a) f} \sin. \delta \cos. \delta$$

Elle peut s'écrire sous cette forme :

$$s \delta = \frac{2 a \sin. \delta}{(1-a) \sqrt{2f}} \left\{ 1 - \frac{1}{2} f - f^2 \right\} \left\{ (1 + \frac{1}{2} f) \sqrt{1 - \frac{2}{3} f} + \frac{a f}{2 (1-a) f} \sin. \delta \cos. \delta \right\}$$

en mettant pour τ (T) sa valeur, et s'arrêtant à la quatrième puissance de τ .

Si l'on substitue pour a , f et l leurs valeurs déterminées plus haut, et qu'on fasse $\theta = (100^\circ - 1^\circ 01' 66'')$, on aura une réfraction plus petite que celle observée de $258''$. Ce résultat montre que l'hypothèse qu'on a faite pour la correction, s'approche beaucoup de la vérité.

Si maintenant on suppose $u = 0,00092727$,

on aura

$$\frac{f}{(f)} = 0,48576; \quad a s = 6958^{\circ},5;$$

d'où l'on tire

$$\frac{p \cdot (f)}{(p)} f = 0,89267,$$

et par suite

$$x = -28^{\circ},6.$$

En admettant les valeurs de l et de f , que nous avons trouvées plus haut, on trouve donc qu'il faut s'élever de $243^{\circ},8$ pour que la chaleur diminue d'un degré.

La seconde réfraction a été observée de $6999''$ à $0^{\circ}3007$ de hauteur. Baromètre, $0^{\circ}75156$; thermomètre, $-15^{\circ},2$.

En suivant la même marche que dans le calcul précédent, on trouve $R = 7592^{\circ},6$ pour la réfraction ramenée à l'horizon. Après avoir corrigé l et a , et fait les substitutions dans l'équation en l , on trouve :

$$l^2 - 0,002156. l^2 + 0,0000014975. l + 0,00000000025999 = 0;$$

d'où l'on tire $l = 0,00084$, et par suite, $f = 0,24018$.

Si l'on substitue, comme dans le premier calcul, pour a , f et l , leurs valeurs dans la formule précédente, on trouvera une réfraction plus petite que celle observée, et la différence est de $533''$.

Si l'on suppose encore

$$u = 0,00092727,$$

on aura

$$\frac{f}{(f)} = 0,41949; \quad a s = 7003'';$$

d'où l'on tire

$$\frac{p \cdot (f)}{(p)} f = 0,891952,$$

et

$$x = -28^{\circ},8.$$

De là on conclut encore, comme du premier calcul, qu'il faut s'élever de 243° pour que la température diminue d'un degré centigrade. L'accord parfait et si extraordinaire de ces deux résultats, nous met en droit de conclure que le décroissement du calorique au pôle est d'environ 243° , et cela, avec la même certitude que comportent les deux observations de M. Swaenberg. Un milieu entre les deux réfractions observées, corrigées et de plus ramenées à la température de la glace fondante et à la pression $0^{\circ},76$, donne $7400''$ pour la réfraction moyenne correspondante à ce décroissement.

LIVRE TROISIÈME.

PROVINCE DE VENEZUELA. — LLANOS. — ORINOCO ET
RIO NEGRO. — NOUVELLE-BARCELONE.

M. DE HUMBOLDT s'embarqua le 18 novembre 1799 pour la *Guaira* et *Caracas*. Il détermina, dans le cours de cette navigation, la longitude des îles de *Piritu*, qui ne sont pas habitées, mais très-fertiles. Après une navigation de quatre jours, la mer étant grosse et orageuse, il débarqua à la *Guaira*.

Il fixa les longitudes et les latitudes par des distances de la lune au soleil, par des occultations de satellites de Jupiter, par le chronomètre et par des hauteurs du soleil voisines du méridien. Occupé, jusqu'au commencement du mois de février 1800, d'observations astrouomiques et physiques, il entreprit dès-lors son grand voyage dans l'intérieur de l'Amérique méridionale. Il traversa les vallées d'*Aragua*, remarquables par leurs belles plantations de cacao et de cannes à sucre; depuis *Portocavello*, et *Villa de Cura*, il traversa ces immenses Savanes (*Llanos de Catobozo*) qui séparent la partie cultivée de la province de Caracas des forêts de l'Orénoque. Près de *San Fernando*, il s'embarqua sur le *Rio Apure*, et passa par cette rivière à l'*Orénoque*. Après avoir franchi les cataractes d'*Atures* et de *Maypures*, au-delà desquelles les Pères *Gumilla* et *Caulin* n'avoient pas osé pénétrer, il quitta l'*Orénoque* à l'embouchure du *Guaviare*. Arrivé par les petites rivières d'*Atabapo*, *Tuamini* et *Temi*, jusqu'au village indien de *Javita*, il fit porter son canot, à travers les bois, jusqu'au *Cano Pimichin*. C'est par ce dernier qu'il parvint au *Rio Negro*. Après avoir surmonté de grandes difficultés, M. de Humboldt s'avança jusqu'aux frontières du Brésil : le fort de *Saint-Charles* fut le point le plus austral de son expédition. Depuis *San Carlos del Rio Negro*, il remonta le *Cussiquiare*, bras de rivière peu connu qui joint l'*Orénoque* au *Rio Negro* et à la rivière des *Amazones*. Du point où le *Cussiquiare* se sépare de l'*Orénoque*, la navigation se dirigea vers l'est, jusqu'à l'*Esmeralda*, la plus isolée de toutes les missions espagnoles. Dans l'intervalle de vingt-deux jours,

Astronomie.

20

M. de Humboldt descendit l'Orénoque (presque depuis sa source jusqu'à son embouchure), de l'*Esmeralda* jusqu'à *Saint-Thomé de la Guayane*, en s'abandonnant à la force du courant. Il passa pour la seconde fois les cataractes avec le même canot, ce qui facilita beaucoup ses recherches sur la marche du chronomètre. Il fit cinq cent quarante lieues marines, de vingt au degré, sur les grands fleuves de l'Orénoque et de l'Atabapo, sur le Rio Negro et le Cassiquiare. Cette expédition a fait disparaître les doutes qu'un géographe justement célèbre, M. Buache, a élevés¹, d'après des hypothèses géologiques, sur la communication de l'Orénoque avec le Rio Negro.

De *Saint-Thomé de la Nueva Guayana*, petite ville dans l'Amérique espagnole, nommée communément l'*Angostura*, M. de Humboldt retourna au port de *Cumana*, après avoir traversé pour la seconde fois les Savanes (*Llanos del Pao*). Ayant séjourné quelques semaines à la *Nueva Barcelona* et à *Cumana*, il fit voile pour la Havane le 18 novembre 1800.

CARACAS,

Capitale de la province de Venezuela, dans une belle vallée, au pied du Cerro de Avila, appelée *la Silla de Caracas*.

Observatoire : *la Santissima Trinidad*.

Hauteur moyenne du baromètre : 25^m 3^l,7. Température moyenne : 15° (12° R.) Élévation au-dessus du niveau de la mer : 904^m. (464^m).

A. DÉTERMINATION DE LATITUDE.

Le 29 novembre 1799, par des hauteurs du soleil voisines du méridien.

¹ Voyez la Carte générale de la Guayane, dressée d'après les observations les plus récentes, pour servir aux recherches à faire dans cette partie intéressante et encore peu connue de l'Amérique, et à l'intelligence des diverses relations qui ont été publiées jusqu'à ce jour; par N. Buache, membre de l'Institut national. An VI. (1799—1798). — « La carte espagnole de la Cruz, dit M. Buache, « présente, comme branche de l'Orénoque, les rivières de Parime, Maquiritari, Caniquiri et autres, « qui me paroissent être, au contraire, des branches du Rio Negro, et que j'ai représentées ici comme « telles d'après des motifs qui seront exposés ailleurs. La communication supposée depuis long-temps « entre l'Orénoque et l'Amazone est une monstruosité en géographie que la carte espagnole a multipliée « sans fondement. Pour rectifier les idées sur ce point, il convient de reconnaître la direction de la « grande chaîne qui fait le partage des eaux. »

Baromètre : 25^{es}. 3^l. 8. Thermomètre : 23^{es}, 75^{es} (19° R.) Hygromètre :
51° (de Luc.) Valeur de l'observation non déterminée.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
TEMPS du CHRONOMÈTRE.	DOUBLE HAUTEUR du bord inférieur DU SOLEIL.	HAUTEUR VRAIE du SOLEIL.	DIFFÉRENCE de hauteur JUSQU'À MIDI.	HAUTEUR au MÉRIDIEN.
5 ^h 22' 3"	115° 14' 27"	57° 53' 5"	+ 1",7	57° 53' 7"
5 ^h 25' 35"	14' 42"	53' 12 ¹ / ₂ "	+ 2",0	14 ¹ / ₂ "
5 ^h 26' 36"	13' 12"	52' 27 ¹ / ₂ "	+ 49",0	16 ¹ / ₂ "

Terme moyen, 57° 53' 12", 8

Déclinaison australe du soleil, 21° 55' 53", 8

Hauteur équatoriale, 79° 28' 46", 6

Hauteur du pôle, 10° 51' 13", 4

Trois hauteurs correspondantes éloignées de midi de 18' en temps, donnèrent
pour midi au chronomètre, 3^h 22' 50".

Le 1.^{er} décembre, hauteurs du soleil près du méridien.

Baromètre : 25^{es}. 3^l. 8. Thermomètre : 22^{es}, 5^{es} (18° R.) Hygromètre : 44°.
Observation déclarée *bonne*.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
TEMPS du CHRONOMÈTRE.	DOUBLE HAUTEUR du bord inférieur DU SOLEIL.	HAUTEUR VRAIE du SOLEIL.	DIFFÉRENCE de hauteur AU MIDI.	HAUTEUR au MÉRIDIEN.
3 ^h 19' 57"	114° 36' 17"	57° 54' 0"	+ 40", 8	57° 54' 41 ¹ / ₂ "
3 ^h 21' 14"	114° 37' 52"	57° 54' 48"	16", 3	55' 4 ¹ / ₂ "
3 ^h 24' 52"	114° 37' 2"	57° 54' 53"	3", 9	34' 37"
3 ^h 29' 21"	114° 34' 12"	57° 52' 58"	1' 56", 5	34' 54 ¹ / ₂ "

Terme moyen, 57° 54' 49", 3

Déclinaison australe du soleil, 21° 54' 40", 4

Hauteur équatoriale, 79° 29' 29", 7

Hauteur polaire, 10° 30' 30" nord.

Le 5 décembre, hauteurs du soleil près du méridien.

Baromètre : 25^{es} 3^e,8. Thermomètre : 22^{es},5^{centés} (18° R.) Hygromètre : 42°.

Observation indiquée comme *bonne*.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR du bord inférieur DU SOLEIL.	HAUTEUR VRAIE du SOLEIL.	DIFFÉRENCE de hauteur AU MIOI.	HAUTEUR du MÉRIDIEN.
3 ^h 18' 56"	115° 28' 20"	57° 0' 1"	+ 1' 48",6	57° 1' 50" $\frac{1}{2}$
3 ^h 20' 31"	115° 29' 45"	57° 0' 44"	0' 43",1	27"
3 ^h 22' 40"	115° 22' 42"	57° 1' 43"	0' 7",6	50" $\frac{1}{2}$
3 ^h 26' 56"	115° 50' 15"	57° 0' 59"	0' 26",7	24"
3 ^h 27' 54"	115° 29' 50"	57° 0' 36" $\frac{1}{2}$	0' 37",4	14"
3 ^h 29' 3"	115° 28' 20"	57° 0' 1" $\frac{1}{2}$	1' 17",6	19"

Terme moyen, 57° 1' 31",0

Déclinaison australe du soleil, 22° 27' 46",1

Hauteur équatoriale, 79° 29' 17",1

Hauteur polaire, 10° 50' 43" nord.

Le 8 décembre, hauteurs du soleil près du méridien.

Baromètre : 25^{es} 4^e,15. Thermomètre : 16^{es},75^{centés} (13^{es},4 R.) Hygromètre : 47°.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR du bord inférieur DU SOLEIL.	HAUTEUR VRAIE du SOLEIL.	DIFFÉRENCE de hauteur AU MIOI.	HAUTEUR du MÉRIDIEN.
3 ^h 19' 58"	112° 47' 5"	56° 39' 41"	+ 1' 13",8	56° 40' 58"
3 ^h 23' 55"	112° 49' 40"	56° 40' 41" $\frac{1}{2}$	0' 2",1	40' 44"
3 ^h 24' 47"	112° 50' 45"	56° 41' 14"	0' 0",0	41' 13"
3 ^h 26' 48"	112° 48' 40"	56° 40' 11" $\frac{1}{2}$	0' 13",8	40' 25"
3 ^h 28' 45"	112° 47' 0"	56° 39' 21" $\frac{1}{2}$	0' 52",3	40' 16"

Terme moyen, 56° 40' 43",4

Déclinaison australe du soleil, 22° 47' 58",8

Hauteur équatoriale, 79° 28' 42"

Hauteur polaire, 10° 31' 18" nord.

La plus grande hauteur est indiquée dans le manuscrit comme *bonne*. Elle donneroit 10° 30' 47".

Le 12 janvier 1800, hauteurs du soleil près de la culmination.
Baromètre, 25^{es} 3^l, 4. Thermomètre : 25^e, 5^{es} (18^e, 8 R.) Hygromètre, 34^e.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR RECTIFIÉE de bord inférieur DU SOLEIL.	HAUTEUR du SOLEIL.	DIFFÉRENCE de hauteur AU MÉR.	HAUTEUR du MÉRIDIEN.
5 ^h 22' 1"	115° 0' 54'	57° 45' 54"	+ 5' 58",8	57° 51' 52",2
5 ^h 25' 57"	115° 2' 10"	57° 46' 59"	4' 26",0	51' 25"
5 ^h 27' 4"	115° 8' 55"	57° 50' 22",1	1' 34",5	51' 57"
5 ^h 28' 3"	115° 10' 30"	57° 51' 9"	1' 13",3	52' 25"
5 ^h 29' 17"	115° 11' 48"	57° 51' 48"	0' 51",3	52' 19"
5 ^h 31' 15"	115° 12' 35"	57° 52' 11",1	0' 3",9	52' 15"

bonne.
bonne.

Termes moyen, 57° 52' 1",7
Déclinaison australe du soleil, 21° 56' 47",0

Hauteur équatoriale, 79° 28' 49"

Hauteur polaire, 10° 51' 11" nord.

Le 19 janvier 1800, hauteurs du soleil près de la culmination.

Baromètre : 25^{es} 3^l, 5. Thermomètre : 23^e, 7^{es} (19° R.)

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.			
TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de bord inférieur DU SOLEIL.	HAUTEUR du SOLEIL.	DIFFÉRENCE de hauteur AU MÉR.	HAUTEUR du MÉRIDIEN.	
5 ^h 22' 45"	117° 40' 26"	59° 6' 7"	+ 6' 26",7	59° 12' 31"	douteuse
5 ^h 25' 19"	117° 35' 22"	59° 8' 55"	5' 56",7	12' 12"	
5 ^h 27' 19"	117° 49' 2"	59° 10' 25"	2' 1",4	12' 27"	
5 ^h 34' 52"	117° 52' 52"	59° 12' 10"	1' 11",6	13' 22"	douteuse
5 ^h 37' 16"	117° 49' 52"	59° 10' 40"	0' 59",1	11' 59"	
5 ^h 38' 16"	117° 48' 42"	59° 10' 15"	1' 51",4	11' 47"	
5 ^h 40' 19"	117° 45' 22"	59° 8' 35"	2' 59",7	11' 35"	

Termes moyen, sans la 4^e observation, 59° 12' 2",5

Déclinaison australe du soleil, 10° 17' 0",2

Hauteur équatoriale, 79° 29' 2",1

Hauteur polaire, 10° 50' 57",2 nord.

Cette observation est indiquée comme *très-bonne* dans le manuscrit.

Le 29 janvier 1800, hauteurs du soleil près de la culmination.

Baromètre : 25^{es} 3^h,5. Thermomètre : 23^o,75^{centig} (19^o R.)

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
TEMPS en chronomètre.	HAUTEUR du bord inférieur DU SOLEIL.	HAUTEUR.	DIFFÉRENCE de hauteur AU MIDI.	HAUTEUR au MÉRIDIEN.
3 ^h 51' 27"	123° 48' 7"	61° 57' 28"	+ 0' 7",9	61° 37' 36"
3 ^h 53' 27"	123° 48' 17"	61° 37' 33"	0' 1",2	34"
3 ^h 42' 17"	123° 36' 52"	61° 31' 50"	5' 41",0	31"
3 ^h 43' 35"	123° 33' 27"	61° 30' 13"	7' 21",9	55"

Termes moyen, 61° 37' 34",1

Déclinaison australe du soleil, 17° 51' 54",4

Hauteur équatoriale, 79° 29' 8",1

Hauteur du pôle, 10° 50' 31",1 nord.

Selon le manuscrit, cette observation est la meilleure de toutes.

Par conséquent nous obtenons les résultats suivans pour la latitude de Caracas :

		Observations du manuscrit.
Le 29 novembre 1799.	10° 51' 13",1	valeur de l'observ. non déterminée.
1 décembre.	50' 50"	bonne.
5 décembre.	50' 43"	bonne.
8 décembre.	50' 47"	bonne.
12 janvier 1800.	51' 11"	deux observations bonnes.
19 janvier.	50' 57",1	très-bonne.
29 janvier.	50' 51",1	la meilleure de toutes.
Latitude de Caracas.	10° 50' 53",1	nord, terme moyen de toutes les observations.
	10° 50' 50"	en excluant la première.

B. DÉTERMINATION DU TEMPS.

Le 29 novembre 1799, avant midi.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR du bord inférieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
56° 29' 52"	11 ^h 49' 25"	28° 29' 46"	8 ^h 26' 57 ^s ,5	3 ^h 23' 19 ^s ,5
56° 51' 12"	11 ^h 50' 15"	28° 40' 57"	8 ^h 26' 57 ^s ,7	17 ^s ,5
57° 2' 52"	11 ^h 50' 46"	28° 46' 27"	8 ^h 27' 25 ^s ,4	20 ^s ,6
59° 9' 52"	11 ^h 55' 49"	29° 49' 51"	8 ^h 32' 30 ^s ,5	18 ^s ,7
59° 20' 52"	11 ^h 56' 19"	29° 55' 21"	8 ^h 32' 56 ^s ,9	22 ^s ,1
59° 31' 32"	11 ^h 56' 44"	30° 0' 51"	8 ^h 33' 23 ^s ,4	20 ^s ,6

Terme moyen, 3^h 25' 19^s,8Équation du temps, + 11' 17^s,1Avance sur le temps moyen, 3^h 34' 36^s,9Le 1.^{er} décembre, hauteurs correspondantes du soleil, près du midi.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		HAUTEUR du bord inférieur DU SOLEIL.	HAUTEUR du CHRONOMÈTRE.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
3 ^h 4' 15"	3 ^h 41' 12"	114° 34' 12"	3 ^h 26' 28 ^s ,0
3 ^h 7' 49"	3 ^h 38' 0"	114° 49' 52"	40 ^s ,5
3 ^h 10' 1"	3 ^h 35' 27"	115° 0' 7"	26 ^s ,0

Terme moyen, 3^h 25' 51^s,5Correction, + 5^s,5Équation du temps, + 10' 28^s,8Avance sur le temps moyen, 3^h 34' 35^s,6

Le 8 décembre, hauteurs correspondantes du soleil.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		HAUTEUR de bord inférieur DU SOLEIL.	MIDI ou CHRONOMÈTRE.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
2 ^h 35' 4"	4 ^h 14' 17"	108° 32' 27"	3 ^h 24' 40",5
2 ^h 56' 18"	4 ^h 13' 16"	108° 45' 6"	47",0
2 ^h 57' 10"	4 ^h 12' 29"	108° 53' 10"	49",5
2 ^h 58' 44"	4 ^h 10' 41"	109° 8' 50"	42",5
2 ^h 59' 55"	4 ^h 9' 25"	109° 19' 50"	40",0
2 ^h 40' 54"	4 ^h 8' 44"	109° 27' 40"	49",0
2 ^h 41' 56"	4 ^h 7' 56"	109° 33' 40"	46",0
2 ^h 44' 1"	4 ^h 5' 25"	109° 54' 50"	45",0

Terme moyen, 3^h 24' 44",7

Correction, + 2",3

Équation du temps, + 7' 35",5

Avance sur le temps moyen, 5^h 32' 20",5

Le 31 décembre 1799, hauteurs correspondantes du soleil.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		DOUBLE HAUTEUR de bord inférieur DU SOLEIL.	MIDI ou CHRONOMÈTRE.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
2 ^h 59' 29"	4 ^h 0' 58"	110° 37' 5"	3 ^h 50' 5",5
3 ^h 2' 25"	3 ^h 57' 58"	110° 55' 50"	0",5
3 ^h 3' 34"	3 ^h 56' 42"	111° 0' 10"	8",0
3 ^h 4' 42"	3 ^h 55' 50"	111° 7' 30"	6",0
3 ^h 7' 26"	3 ^h 53' 44"	111° 23' 0"	5",0
3 ^h 8' 37"	3 ^h 51' 58"	111° 27' 0"	7",5
3 ^h 10' 23"	3 ^h 49' 48"	111° 55' 50"	5",5

Terme moyen, 3^h 50' 6",1

Correction, + 1",2

Équation du temps, — 5' 38",7

Avance sur le temps moyen, 5^h 26' 26",2

Le 12 janvier 1800. Hauteurs correspondantes du soleil, très-près du midi.

TEMPS AU CHRONOMÈTRE.		DOUBLE HAUTEUR du bord inférieur DU SOLEIL.	MIDI au CHRONOMÈTRE.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
3 ^h 20' 9"	3 ^h 44' 54"	114° 54' 55"	3 ^h 52' 21",5
3 ^h 22' 1"	3 ^h 42' 52"	115° 0' 0"	26",5
3 ^h 25' 27"	3 ^h 41' 59"	115° 2' 10"	35",5

Terme moyen, 3^h 52' 27",0

Correction, — 11",2

Équation du temps, — 8' 51",2

Avance sur le temps moyen, 3^h 23' 24",6

Le 21 janvier. Hauteurs correspondantes du soleil.

Observation annoncée dans le manuscrit comme très-bonne.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		DOUBLE HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	MIDI au CHRONOMÈTRE.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
0 ^h 40' 37"	6 ^h 25' 47"	76° 9' 40"	5 ^h 53' 12",0
0 ^h 44' 15"	6 ^h 22' 11"	77° 55' 55"	15",0
0 ^h 46' 58"	6 ^h 19' 53"	78° 29' 55"	10",5
0 ^h 58' 10"	6 ^h 8' 12"	83° 2' 10"	11",0
0 ^h 59' 26"	6 ^h 6' 57"	85° 51' 10"	11",5
1 ^h 1' 5"	6 ^h 5' 15"	84° 9' 50"	10",0
1 ^h 5' 12"	6 ^h 1' 14"	85° 42' 45"	15",0
1 ^h 7' 15"	5 ^h 59' 9"	86° 28' 50"	12",0

Terme moyen, 5^h 53' 11",55

Correction, — 0",4

Équation du temps, — 11' 49",1

Avance sur le temps moyen, 5^h 21' 18",0

Le 1.^{er} février. Hauteurs correspondantes du soleil.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	MIDI ou CHRONOMÈTRE.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
1 ^h 20' 51"	5 ^h 44' 10"	95° 19' 40"	5 ^h 52'.50",5
1 ^h 22' 17"	5 ^h 42' 40"	95° 51' 50"	58",5
1 ^h 28' 11"	5 ^h 36' 54"	98° 5' 50"	52",5
1 ^h 29' 6"	5 ^h 35' 55"	98° 44' 20"	50",5
1 ^h 30' 20"	5 ^h 34' 46"	98° 49' 10"	53",0
1 ^h 51' 43"	5 ^h 35' 20"	99° 20' 10"	51",5

Terme moyen, 5^h 52' 52",8

Correction, — 5",0

Équation du temps, — 14' 5",3

Avance sur le temps moyen, 5^h 18' 24",5

Le 3 février, hauteurs correspondantes du soleil.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	MIDI ou CHRONOMÈTRE.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
0 ^h 58' 12"	6 ^h 6' 14"	87° 14' 40"	5 ^h 52' 15",0
1 ^h 6' 14"	5 ^h 58' 13"	90° 26' 10"	15",5
1 ^h 7' 15"	5 ^h 57' 15"	90° 50' 40"	15",0

Terme moyen, 5^h 52' 15",8

Correction, — 5",2

Équation du temps, — 14' 16",7

Avance sur le temps moyen, 5^h 17' 51",9

L'après-midi le temps nuageux ne permit point de prendre un plus grand nombre de hauteurs correspondantes : c'est ce qui étoit déjà arrivé plusieurs fois. M. de Humboldt se plaint, en général, beaucoup du ciel de Caracas, qui est peu favorable aux observations. « Les observations astronomiques de » Caracas (dit notre voyageur) ont été souvent interrompues par des pluies » et des brumes épaisses. Je ne pus réussir à prendre les hauteurs correspon- » dantes que j'aurois voulu avoir pour examiner plus souvent la marche du

« chronomètre. On ne voyoit le soleil que pendant quelques minutes. Toutes
 « mes peines ont été inutiles; il a fallu m'en tenir aux hauteurs simples. »

Marche du chronomètre à Caracas.

1799 et 1800.	AVANCE sur LE TEMPS MOYEN.	DIFFÉRENCE dans L'INTERVALLE.	MARCHE DIURNE.	TEMPÉRATURE.
1799				
29 nov., 8 ^h ,5 avant midi.	3 ^h 54' 36 ^s ,9		— 15 ^s ,52	20° à 21°,25 centigr. (16 à 17° R.)
1 déc., 0 ^h	3 ^h 54' 3 ^s ,6	— 0' 53 ^s ,3	— 14 ^s ,73	
8 déc., 0 ^h	3 ^h 32' 20 ^s ,5	— 1' 43 ^s ,1	— 15 ^s ,44	
31 déc., 0 ^h	3 ^h 26' 25 ^s ,2	— 5' 55 ^s ,3	— 15 ^s ,05	
1800.				
12 janv., 0 ^h	3 ^h 23' 24 ^s ,6	— 3' 0 ^s ,6	— 14 ^s ,07	
21 janv., 0 ^h	3 ^h 21' 18 ^s ,0	— 2' 6 ^s ,6	— 15 ^s ,77	
1 févr., 0 ^h	3 ^h 18' 24 ^s ,5	— 2' 53 ^s ,5	— 16 ^s ,30	
3 févr., 0 ^h	3 ^h 17' 51 ^s ,9	— 0' 32 ^s ,6		

L'intervalle du 21 janvier au 1.^{er} février fut consacré au voyage à la *Guaira* et à *Cabo Blanco*.

Je trouve le retard moyen diurne, en décembre 1799, à une température de 20° à 21°,25 (16 à 17° R.) égal 15^s,18; terme moyen arithmétique des quatre premiers résultats.

C. DÉTERMINATION DE LA LONGITUDE.

1) Par le chronomètre.

Nous avons indiqué dans le livre précédent que le retard diurne du chronomètre à Cumana, en octobre et novembre de l'année 1799, à une température de 22°,5 (18° R.) étoit de 18^s,45.

La traversée de Cumana à Caracas, dans une petite barque ou *lancha*, dura quatre jours, la mer étant très-agitée. Le mouvement de la *lancha* augmenta le retard diurne de 6^s (dans 24 heures), d'après l'expérience que M. de Humboldt en a faite dans une barque un peu plus petite, qui le transporta de Cumana à Maniquarez.

A Caracas, le chronomètre demeura journellement de 15^s,18 en retard sur le temps moyen, à une température de 20°—21°,25. Jusqu'au 18 novembre 1799,

jour du départ de Cumana, je compte le retard diurne du chronomètre en repos à $18^{\circ},45$; durant la traversée de quatre jours, $24^{\circ},45$; de là jusqu'au temps de l'observation à Caracas, en terme moyen :

$$\frac{18^{\circ},45 + 15^{\circ},18}{2} = 16^{\circ},82$$

Nous avons trouvé, pour le 15 novembre, à midi, à Cumana, l'avance sur le temps moyen (voyez livre second) $3^h 28' 47^s,1$

Du 15	au 18	à $18^{\circ},45 = 55^{\circ},35$	} . . .	$5' 4^{\circ},5$
Du 18	au 22	à $24^{\circ},45 = 1^{\circ} 57^{\circ},80$		
Du 22 nov. au 1 déc.	à $16^{\circ},82 = 2^{\circ} 51^{\circ},58$			

Avance à Cumana, le 1 décembre 1799. . .	$3^h 25' 42^s,6$
à Caracas	$3^h 54' 3^s,6$

Différence de méridien entre Cumana et Caracas. . . $10' 21^s,0$

Pour le 29 novembre 1799, nous avons trouvé l'avance à Cumana, à midi. $3^h 24' 16^s,2$

Pour le 29 novembre, à $8^h,5$ à Caracas. $3^h 54' 56^s,9$

Variation dans $3^h,5 = 2^s,5$; ainsi, pour midi. . . . $3^h 54' 54^s,4$

Différence de méridien entre Cumana et Caracas . . . $10' 18^s,2$

Termes moyen arithmétique entre les deux résultats. . $10' 19^s,6$ à l'ouest de Cumana.

Longitude de Cumana	$4^h 26' 0^s,0$
Longitude de Caracas	$4^h 36' 19^s,6$

Ce résultat chronométrique s'accorde assez mal avec la longitude conclue des satellites et des distances lunaires. C'est ici l'endroit où il faut agiter la question si le chronomètre, comme nous en avons fait la supposition, a repris la marche moyenne au moment de l'attérage à la Guaira, ou si le mouvement violent de la *lancha* a été assez fort pour altérer pendant quelque temps la marche de l'horloge et pour en troubler la régularité? En considérant la marche du chronomètre à Cumana, en octobre et en novembre de l'année 1800 (époque à laquelle cette horloge, exposée au mouvement de la *lancha*, passa de 22° ou 23° à 29° , et conserva encore long-temps après le même retard), on se trouve tenté d'admettre une variation successive de $24^{\circ},45$ à $16^{\circ},82$. Cette variation auroit été l'effet d'une diminution progressive dans l'influence

du mouvement perturbateur. Dans cette supposition assez vraisemblable, nous aurions le résultat suivant pour la longitude de Caracas :

Avance à Cumana, le 15 novembre 1799, à midi.	5 ^h 28' 47",1
Du 11 au 18. variation.	0' 55",55
Du 18 au 22. variation.	1' 37",80
Du 22 nov. au 1 déc. $16",82 + 24",45 \times 9 =$	5' 5",65

à Cumana, le 1. ^{er} décembre.	5 ^h 23' 8",3
à Caracas.	5 ^h 34' 3",6
Caracas à l'ouest de Cumana.	10' 55",5
Longitude de Cumana.	4 ^h 26' 0"
Longitude de Caracas.	4 ^h 36' 55",5

Avance à Cumana, le 15 novembre 1799, à midi.	5 ^h 28' 47",1
Du 15 au 18 novembre, variation.	0' 55",55
Du 18 au 22 novembre, variation.	1' 37",80
Du 22 au 29.	2' 24",38

à Cumana, le 29 novembre.	5 ^h 23' 49",6
à Caracas.	5 ^h 34' 34",4
Caracas, à l'ouest.	10' 44",8
Longitude de Cumana.	4 ^h 26' 0"
Longitude de Caracas.	4 ^h 36' 44",8

Terme moyen, 4^h 36' 50",0

Cette longitude est de 30" plus occidentale que le premier résultat non corrigé. Elle s'approche, jusqu'à 20" en temps, de la longitude déduite de l'ensemble des observations faites à Caracas.

Cependant, par les raisons déjà alléguées, je ne suis pas disposé à donner beaucoup de poids à la détermination purement chronométrique. Ceux qui connoissent la mer, savent à quel mouvement un petit canot est exposé pendant quatre jours au milieu d'une mer agitée, et en doublant un cap aussi avancé que le cap Codera.

2) Par des distances de la lune au soleil et aux étoiles.

Le 4 janvier 1800, M. de Humboldt prit deux distances de la lune à Aldebaran (α) et quatre à Fomalhaut (α poisson austral).

Pour réduire ces observations, je calculai, d'après les tables de Burg, les élémens suivans pour 10^h 40' temps moyen à Paris:

Vraie longitude de la lune	1° 5' 54' 42",15
Latitude boréale de la lune	0° 9' 36",3
Parallaxe horizontale équatoriale de la lune . .	54' 9",66
Demi-diamètre	14' 46",99
Ascension droite de la lune	33° 32' 27",5
Déclinaison boréale	13° 39' 51",5
L'ascension droite augmente dans l'heure suivante de 27' 56"; la déclinaison, de 12' 12".	

La longitude apparente d'Aldebaran, corrigée par l'aberration et la nutation, étoit de 2° 6' 59' 44",6; la latitude apparente, de 5° 28' 54",0 sud.

De là résulteroit la distance de la lune à Aldebaran :

à 10 ^h 40', temps moyen à Paris . . .	51° 32' 45",1
à 11 ^h 10'	51° 14' 15",9

La longitude apparente de Fomalhaut étoit = 11° 1° 2' 38",6; la latitude, 21° 6' 36",5 sud.

Distance de la lune, à 11 ^h 40', temps moyen à Paris, = 66° 43' 40",0	
à 12 ^h 40'	67° 11' 46",5

Voici le tableau des observations, et des résultats que j'en ai tirés :

Le 4 janvier 1800. Distance de la lune à Aldebaran.

Baromètre, 25^{me} 3^l,0. Thermomètre, 20°,0 centig. (16° R.)

	OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.	
	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	DISTANCE apparente de bord de la lune à s s.	TEMPS MOYEN à CARACAS.	DISTANCE apparente du centre de la lune à s s.
1	10 ^h 1' 32"	51° 21' 42"	6 ^h 56' 13"	51° 6' 41",3
2	10 ^h 3' 37"	51° 20' 20"	6 ^h 58' 16"	51° 5' 19",3

RÉSULTAT.

	VRAIE DISTANCE géocentrique.	TEMPS MOYEN à Paris.	LONGITUDE de Caracas.
1	51° 17' 19",6	11 ^h 12' 50",2	4 ^h 56' 17"
2	51° 15' 28",6	11 ^h 16' 24",2	58' 8"

Terme moyen, 4^h 57' 12".

Longitude: $4^h 37' 12'' \frac{1}{2} + 2,11 \Delta l - 2,11 \Delta l' - 2,11 \Delta r + 2,10 \Delta r'$
 $- 2,10 \Delta \pi - 2,11 \Delta D$; désignant par l la longitude, π la parallaxe, r la
 réfraction, et D la distance apparente. Les signes $+$ et $-$ font rapporter ces
 valeurs, soit à l'étoile, soit à la lune. Le signe du coefficient indique chaque
 fois une augmentation des éléments adoptés comme variables.

D'après les tables du *bureau des longitudes*, la vraie longitude de la lune
 étoit pour 10 40' temps moyen à Paris, $= 1^{\circ} 50' 54'' 38''$, 11.

Selon les tables de Triesneker, $1^{\circ} 50' 54'' 43''$, 9; parallaxe $2, 54' 10''$, 16;
 demi-diamètre $= 14' 47''$, 20.

Le 4 janvier. Distance de la lune à Fomalhaut.

	OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.	
	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	DISTANCE du bord de la lune à FOMALHAUT.	TEMPS MOYEN à CARACAS.	DISTANCE apparente du centre de la lune à FOMALHAUT.
1	10 ^h 10' 48"	66° 54' 52"	6 ^h 45' 27"	67° 9' 52",8
2	10 ^h 16' 3"	66° 56' 30"	6 ^h 50' 42"	21' 30",8
3	10 ^h 18' 58"	66° 56' 47"	6 ^h 53' 57"	11' 47",8

RÉSULTATS.

	VRAIE DISTANCE géométrique.	TEMPS MOYEN (à Paris.)	LONGITUDE de Caracas.
1	67° 3' 29",4	11 ^h 22' 19",3	4 ^h 36' 52"
2	67° 5' 59",7	11 ^h 27' 40",0	36' 58"
3	67° 6' 45",0	11 ^h 29' 16",7	35' 40"

Terme moyen, 4^h 36' 55" sans la dernière
 observation.

Longitude: $4^h 36' 55",0 + 2,13 \Delta l - 2,13 \Delta l' - 2,13 \Delta r + 2,07 \Delta r'$
 $- 2,07 \Delta \pi - 2,13 \Delta D$.

Le 17 janvier 1800, M. de Humboldt observa à Caracas deux distances de
 la lune au soleil. Je calculai pour 0^h 30' temps moyen à Paris :

Vraie longitude du soleil, d'après les plus nouvelles tables de Zach, $9^{\circ} 27' 15'' 7''$, 6.
 Vraie longitude de la lune, d'après Bürg, $6^{\circ} 16' 43'' 51''$, 5. Latitude, $1^{\circ} 22' 25''$ nord.

Parallaxe horizontale équatoriale de la lune. 58' 46",65.
 Demi-diamètre horizontal de la lune. 16' 2",53.
 Ascension droite de la lune. 195° 56' 4",5.
 Déclinaison australe. 5° 18' 44",2.
 L'ascension droite s'accroît, pendant l'heure suivante, de 51' 6"; la déclinaison, de 16' 0", et devient plus australe.
 Demi-diamètre du soleil, 16' 17",0. Parallaxe, 8",85.

A l'aide de ces données, je trouve la vraie distance de la lune au soleil :

à 0^h 50' temps moyen à Paris. . 100° 51' 25",1
 à 0^h 40'. 100° 26' 3",2.

Voici le tableau des observations :

Le 17 janvier. Baromètre, 25^{re} 3^{te},0. Thermomètre, 16°,6^{cent}. (13°,3 R.)
 Hygromètre, 44°,3.

	OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.	
	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	DISTANCE apparente DES BORDS.	TEMPS MOYEN à CARACAS.	DISTANCE apparente DES CENTRES.
1	11 ^h 16' 44"	100° 22' 52"	7 ^h 52' 24",0	100° 57' 3",6
2	11 ^h 18' 58"	100° 23' 42"	7 ^h 56' 58",0	100° 56' 15",5

RÉSULTAT.

	VRAIE DISTANCE géocentrique.	TEMPS MOYEN à Paris.	LONGITUDE de Caracas.
1	100° 50' 55",5	0 ^h 51' 52",5	4 ^h 57' 8" $\frac{1}{2}$
2	100° 29' 23",7	0 ^h 55' 46",5	5 ^h 7' 8" $\frac{1}{2}$

Terme moyen, 4^h 57' 8" $\frac{1}{2}$

Ainsi, nous avons, pour la longitude de *Caracas*, par l'observation du 17 janvier :

4^h 57' 8",5 + 1,86 Δ l c — 1,86 Δ l c — 1,80 Δ r c — 1,55 Δ r c + 1,55 Δ r c — 1,86 Δ D.

Les tables du *bureau des longitudes* donnèrent, pour la longitude de la lune, 6° 16' 43' 27",4; pour celle du soleil, 9° 27' 15' 8",52. Les tables de

Triesneker, pour la lune, $6^{\circ} 16' 43'' 22''$, 7° ; parallaxe $\mathfrak{D}$, $58' 47''$, 15 ; demi-diamètre $\mathfrak{D}$, $16' 2''$, 67 .

Le 19 janvier 1800, M. de Humboldt prit de nouveau une suite de distances de la lune au soleil. L'observation fut faite avec beaucoup de soin, et elle est indiquée dans le manuscrit comme *très-bonne*. Elle présente cependant une longitude trop occidentale, et s'accorde moins bien avec les résultats précédens.

Pour la réduction des observations, je calculai les élémens suivans pour $2^{\text{h}} 25'$ temps moyen à Paris :

Vraie longitude du soleil, d'après Zach, $9^{\circ} 29' 22'' 7''$, 9 .

Vraie longitude de la lune, d'après Burg, $7^{\circ} 15' 55' 48''$, 1 ; latitude australe, $1^{\circ} 10' 22''$, 5 .

Parallaxe équatoriale de la lune, $59' 21''$, 7 .

Demi-diamètre horizontal, $16' 12''$, 07 .

Ascension droite $\mathfrak{D}$, $223^{\circ} 6' 15''$, 1 . Déclinaison, $17^{\circ} 44' 58''$, 0 sud.

L'ascension augmenta, pendant l'heure suivante, de $35'$; la déclinaison, de 13 . Demi-diamètre du soleil, $16' 16''$, 8 . Parallaxe, $8''$, 6 .

De là résulte que la vraie distance de la lune au soleil, à $2^{\text{h}} 25'$, est $73^{\circ} 26' 32''$, 6 . Depuis $1^{\text{h}} 55'$ jusqu'à $2^{\text{h}} 55'$, elle décroît de $32' 54''$, 0 .

Les observations et les résultats se trouvent dans le tableau suivant :

Le 19 janvier, Baromètre, $25^{\text{p}} 3^{\text{l}}$. Thermomètre, 22° , $5^{\text{m}} 3^{\text{g}}$. (18° R.)

	OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.	
	TEMPS de CHRONOMÈTRE.	+ DISTANCE apparente DES BORDS.	TEMPS MOYEN à CARACAS.	DISTANCE apparente DES BORDS.
1	$0^{\text{h}} 41' 41''$	$73^{\circ} 35' 40''$	$9^{\text{h}} 19' 54''$, 0	$74^{\circ} 6' 20''$, 5
2	$0^{\text{h}} 52' 14''$	$73^{\circ} 29' 17''$	$9^{\text{h}} 50' 27''$, 0	$74^{\circ} 1' 57''$, 1
3	$0^{\text{h}} 56' 19''$	$73^{\circ} 27' 32''$	$9^{\text{h}} 35' 12''$, 0	$74^{\circ} 0' 11''$, 9
4	$1^{\text{h}} 0' 1''$	$73^{\circ} 26' 2''$	$9^{\text{h}} 58' 14''$, 0	$73^{\circ} 58' 1''$, 7
5	$1^{\text{h}} 6' 58''$	$73^{\circ} 24' 17''$	$9^{\text{h}} 45' 11''$, 0	$73^{\circ} 56' 56''$, 5
6	$1^{\text{h}} 16' 17''$	$73^{\circ} 21' 23''$	$9^{\text{h}} 54' 30''$, 0	$73^{\circ} 54' 4''$, 0
7	$1^{\text{h}} 20' 14''$	$73^{\circ} 19' 27''$	$9^{\text{h}} 58' 57''$, 0	$73^{\circ} 52' 17''$, 8
8	$1^{\text{h}} 29' 11''$	$73^{\circ} 15' 43''$	$10^{\text{h}} 7' 24''$, 0	$73^{\circ} 48' 33''$, 4
9	$1^{\text{h}} 33' 0''$	$73^{\circ} 14' 48''$	$10^{\text{h}} 11' 13''$, 0	$73^{\circ} 47' 58''$, 2
10	$1^{\text{h}} 36' 59''$	$73^{\circ} 14' 0''$	$10^{\text{h}} 14' 52''$, 0	$73^{\circ} 46' 50''$, 0

RECUEIL
RÉSULTAT.

	VRAIE DISTANCE géocentrique.	TEMPS MOYEN à Paris.	LONGITUDE de Caracas.
1	73° 41' 19",1	1 ^h 58' 5",5	4 ^h 58' 9"
2	73° 54' 46",1	2 ^h 10' 0",0	4 ^h 58' 53"
3	73° 52' 4",8	2 ^h 14' 54",1	4 ^h 59' 49"
4	73° 28' 59",4	2 ^h 18' 42",8	4 ^h 40' 29"
5	73° 26' 55",0	2 ^h 24' 19",2	4 ^h 39' 8"
6	73° 29' 17",3	2 ^h 32' 45",6	4 ^h 58' 16"
7	73° 19' 58",2	2 ^h 57' 55",6	4 ^h 58' 59"
8	73° 14' 28",0	2 ^h 47' 1",1	4 ^h 59' 57"
9	73° 12' 55",4	2 ^h 49' 53",6	4 ^h 58' 41"
10	73° 11' 27",9	2 ^h 52' 29",8	4 ^h 57' 58"

Terme moyen, 4^h 58' 53"
mais en excluant les 5°, 4° et 8° distances, on aura. . 4^h 58' 26"

Longitude de *Caracas*, d'après les observations du 19 janvier :
4^h 58' 26" + 1,82 Δ *l* ⊖ 1,82 Δ *l* ⊖ 1,15 Δ *r* ⊖ 1,25 Δ *r* ⊖ 1,25 Δ *π* ⊖ 1,82 Δ *D*.

La vraie longitude de la lune est, d'après les tables du *bureau des longitudes*, 7° 15' 55" 44",0. La longitude du soleil, 9° 29' 22' 8",2.

D'après les tables de *Triesneker*, la longitude de la lune est 7° 15' 55" 50",29; la parallaxe de la lune, 59' 22",19; le demi-diamètre, 16' 12",21.

Ainsi, nous avons trouvé, pour la longitude de *Caracas*, par les distances de la lune, les résultats suivants :

1800. 4 janvier.	
⊙ à l'ouest de α . . .	4 ^h 57' 12",1 + 2,11 Δ <i>l</i> * - 2,11 Δ <i>l</i> ⊖ - 2,11 Δ <i>r</i> * + 2,10 Δ <i>r</i> ⊖ - 2,10 Δ <i>π</i> ⊖ - 2,11 Δ <i>D</i> .
⊙ à l'est de α du Poisson austral	4 ^h 56' 55" + 2,15 Δ <i>l</i> * - 2,15 Δ <i>l</i> ⊖ + 2,15 Δ <i>r</i> * + 2,07 Δ <i>r</i> ⊖ - 2,07 Δ <i>π</i> ⊖ + 2,15 Δ <i>D</i> .
17 janvier.	
⊙ à l'ouest du ⊙ . . .	4 ^h 57' 8" + 1,86 Δ <i>l</i> ⊖ - 1,86 Δ <i>l</i> ⊖ - 1,60 Δ <i>r</i> ⊖ - 1,55 Δ <i>r</i> ⊖ + 1,55 Δ <i>π</i> ⊖ - 1,86 Δ <i>D</i> .
19 janvier.	
⊙ à l'ouest du ⊙ . . .	4 ^h 58' 26" + 1,82 Δ <i>l</i> ⊖ - 1,82 Δ <i>l</i> ⊖ - 1,15 Δ <i>r</i> ⊖ - 1,25 Δ <i>r</i> ⊖ + 1,25 Δ <i>π</i> ⊖ - 1,82 Δ <i>D</i> .
Terme moyen . . .	4 ^h 57' 25",1

Il est aisé de présenter la différence des résultats que donnent les tables du bureau des longitudes et celles de Triesneker. Il suffira de substituer, dans les équations différentielles, les valeurs des coefficients indéterminés pour l , l' , et ainsi de suite. Nous trouverons alors pour la longitude de *Caracas* :

a) D'après les tables du bureau des longitudes.

En substituant dans le résultat de la distance de la lune à π ,

le 4 janvier, $\Delta l = -4''$, on aura la longitude. $4^h 57' 21''$.

En substituant ensuite dans le résultat de la distance de la lune à

π du Poisson anstral, $\Delta l = -4''$, on aura pour la longitude. $4^h 57' 35''$.

Pour le 17 janvier, $\Delta l = +0''$, et $\Delta l' = -4''$, on multipliant ces valeurs par les coefficients convenables, on aura. $4^h 57' 18''$.

Pour le 19 janvier, $\Delta l = +0''$, et $\Delta l' = -4''$, on aura, la longitude $= 4^h 59' 1''$, on, en excluant les trois distances. $4^h 58' 54''$.

La longitude de *Caracas* sera donc, par les distances de la lune :

1800. 4 janvier, π .	$4^h 57' 21''$.
" du Poisson austral.	$4^h 57' 35''$.
17 janvier, $\odot$.	$4^h 57' 18''$.
19 janvier, $\odot$.	$4^h 58' 54''$.
Terme moyen.	$4^h 57' 54''$.

b) D'après les tables de Triesneker.

Nous avons pour les distances de la lune à π , le 4 janvier :

$\Delta l = +1''$, $\Delta \pi = +0''$, $\Delta D = +0''$, et ainsi la longitude $= 4^h 57' 7''$.

Pour la distance de π du Poisson austral. $4^h 56' 50''$.

Le 17 janvier, $\Delta l = -8''$, $\Delta \pi = +0''$, $\Delta D = +0''$, et la longitude. $4^h 57' 25''$.

Le 19 janvier, $\Delta l = 2''$, $\Delta \pi = +0''$, $\Delta D = +0''$, et la longitude. $4^h 58' 49''$.

ou en excluant trois distances. $4^h 58' 22''$.

Ainsi, par les distances de

1800. 4 janvier, π .	$4^h 57' 7''$.
" du Poisson austral.	$4^h 56' 50''$.
17 janvier, $\odot$.	$4^h 57' 25''$.
19 janvier, $\odot$.	$4^h 58' 22''$.
Terme moyen.	$4^h 57' 26''$.

Passons maintenant aux déterminations de longitudes.

3) *Par les éclipses des satellites de Jupiter.*

Les observations ont été faites avec une lunette qui ne grossissoit les objets que 58 fois. M. de Humboldt, à l'exemple d'autres voyageurs, compta sur le terme moyen fourni par les immersions et les émersions, comparées les unes aux autres. La lunette de Dollond avoit été laissée à Cumana avec le reste des instrumens qui étoient trop volumineux pour la navigation de l'Orénoque.

Le 8 décembre, au matin. Le grand éclat de l'astre nuisoit à l'observation; ses bandes étoient très-distinctes. Immersion du *premier* satellite, à $7^h 36' 47''$ du chronomètre, peut-être de $10''$ trop tard. Le temps *moyen* de l'observation, à $4^h 4' 21''.5$. Les tables de Delambre donnoient pour Paris l'immersion à $8^h 42' 52''.7$, temps moyen. Ainsi, la longitude de *Caracas* = $4^h 38' 31''.2$. Selon le manuscrit, cette observation n'est pas très-sûre.

Le même jour, M. de Humboldt observa l'immersion du *troisième* satellite à $8^h 36' 28''$ du chronomètre, ou à $5^h 4' 3'',0$ temps moyen. La planète n'étoit pas aussi brillante, et il se peut que l'immersion ait été vue $10''$ trop tôt. D'après les tables de M. Delambre, l'immersion devoit avoir lieu à $9^h 42' 46''$ temps moyen à Paris. En conséquence, la longitude de Caracas seroit $4^h 38' 43''$. Cette observation est déclarée *bonne*.

Le 11 janvier 1800, au matin, l'émerison du *second* satellite fut observée à $4^h 49' 48''$ du chronomètre. L'observation est annoncée comme *médiocre*; c'étoit la première fois que M. de Humboldt observoit une émerison. Le temps moyen de l'émerison fut $1^h 26' 1'',5$; les tables de M. Delambre donnoient pour Paris $6^h 0' 53'',5$; et par conséquent la longitude de Caracas seroit $4^h 34' 52''$.

Le 17 janvier, émerison du *premier* satellite à $2^h 36' 22''$ du chronomètre. Belle observation, la *meilleure de toutes*. Les bandes de Jupiter étoient très-distinctes, l'air très-pur. Le temps moyen de l'observation, $11^h 14' 11'',0$; les tables de M. Delambre donnoient pour Paris $3^h 51' 29'',7$ le 18 janvier au matin, ce qui donneroit pour la longitude $4^h 37' 18'',7$.

Le 18 janvier, au soir, émerison du *quatrième* satellite, à la distance de $\frac{1}{2}$ du diamètre de la planète, à $11^h 35' 3''$ du chronomètre. *Bonne* observation.

D'après les tables de M. Delambre, l'émergence eut lieu si près des *limites*, que l'observation, très-satisfaisante pour la théorie des satellites, ne donne aucun résultat pour la longitude du lieu.

Le 28 janvier, au soir, éclipse du second satellite, à $11^h 17' 29''$ du chronomètre, à la distance d'un demi-diamètre de la planète. Bonne observation, quoique le ciel ne fût pas aussi pur qu'il l'avoit été le 17 janvier. Les tables de M. Delambre donnoient, pour le temps de l'éclipse à Paris, $0^h 35' 4''$; le 29 au matin. Temps moyen de l'observation à Caracas, $7^h 58' 6''$; par conséquent, la longitude = $4^h 36' 58''$.

Voici les résultats que présentent les observations des satellites de Jupiter, avant d'employer aucune correction :

		Observations du mercure.
1799. 8 déc. Immersion du 1. ^{er} satell.	$4^h 58' 51''$	pas très-sûre.
Immersion du 5. ^e satell.	$4^h 58' 45''$	bonne.
1800. 11 janv. Éclipse du 2. ^e satell.	$4^h 54' 52''$	médiocre.
17 janv. Éclipse du 1. ^{er} satell.	$4^h 57' 19''$	la meilleure de toutes.
28 janv. Éclipse du 2. ^e satell.	$4^h 56' 58''$	bonne.
Terme moyen.	$4^h 57' 55''$	en excluant la troisième observation.

Les grandes différences qu'offrent ces résultats ne sont qu'apparentes. Elles sont occasionnées par le faible grossissement de la lunette dont M. de Humboldt se servit à Caracas. Pour découvrir les erreurs auxquelles l'instrument pouvoit donner lieu, je fis les combinaisons suivantes :

	LONGITUDE	
	PAR LES IMMERSIONS.	PAR LES ÉMERSIONS.
1799. 8 décembre, 1. ^{er} satellite..	$4^h 58' 51''$	
5. ^e satellite..	$4^h 58' 45''$	
1800. 17 janvier... 1. ^{er} satellite..	. . . .	$4^h 57' 19''$
28 janvier... 2. ^e satellite..	. . . .	$4^h 56' 58''$
Terme moyen.	$4^h 58' 37''$	$4^h 57' 9''$

La demi-différence entre les deux résultats donne $44''$, moitié de $1' 28''$, pour l'erreur occasionnée par l'instrument, c'est-à-dire que les émersions sont indiquées de $44''$ trop tard, et les immersions d'autant de secondes

trop tôt. En appliquant cette correction, nous trouvons les différences suivantes de longitude, qui présentent une plus grande harmonie :

1799. 8 décembre, 1. ^{re} satellite. Immersion.	4 ^h 57' 47"
5. ^{re} satellite. Immersion.	4 ^h 57' 59"
1800. 17 janvier, 1. ^{re} satellite. Émersion.	4 ^h 58' 3"
28 janvier, 2. ^{re} satellite. Émersion.	4 ^h 57' 42"
Terme moyen.	4 ^h 57' 53"

Comparons maintenant les observations de M. de Humboldt à d'autres observations correspondantes, faites avec des lunettes achromatiques.

M. *Thulis* observa à *Marseille*, le 29 janvier 1800 :

Émersion du 2. ^e satellite à.	0 ^h 46' 45" ¹
M. de Humboldt à Caracas, le 28.	7 ^h 58' 6"
Caracas à l'ouest de Marseille.	4 ^h 48' 59" ¹
Marseille à l'est de Paris.	12' 8" ¹
Caracas à l'ouest de Paris.	4 ^h 56' 51"
Correction de l'instrument.	+ 44"
Longitude de Caracas.	4 ^h 57' 15"

M. *Flauguergues* observa à *Viviers*, le 29 janvier :

Émersion du 2. ^e satellite à.	0 ^h 44' 3"
M. de Humboldt à Caracas, le 28.	7 ^h 58' 6"
Caracas à l'ouest de Viviers.	4 ^h 45' 57"
Viviers à l'est de Paris.	9' 24"
Caracas à l'ouest de Paris.	4 ^h 54' 55"
Correction de l'instrument.	+ 44"
Longitude de Caracas.	4 ^h 57' 17"

Don Joaquin de Ferrer, pilote espagnol très-instruit, observa à *la Havane*, le 28 janvier :

Émersion du 2. ^e satellite à.	6 ^h 57' 29" ¹	C'est des secondes.
M. de Humboldt à Caracas.	7 ^h 58' 6"	
Caracas à l'ouest de la Havane.	1 ^h 0' 56" ¹	
Havane à l'ouest de Paris.	5 ^h 58' 52"	
Caracas à l'est de Paris.	4 ^h 58' 15" ¹	
Correction de l'instrument.	+ 44"	
Longitude de Caracas.	4 ^h 58' 59" ¹	

¹ Connaissance des Temps pour l'an XI.

Mais l'observation de la Havane fut un peu incertaine, à cause des vapeurs qui offusquoient les astres.

Le 4^e terme moyen de ces trois résultats donne pour la *longitude de Caracas* $4^h 37' 50'', 5$.

Je n'ai point trouvé d'autres observations correspondantes à celles qui ont été faites à Caracas. Par conséquent, il a fallu discuter les moyens de déterminer l'erreur qui peut naître des tables des satellites de M. Delambre, afin de substituer des nombres plus exacts aux observations correspondantes.

Les observations d'émersions¹ des satellites de Jupiter faites par MM. Flauguergues et Thulis, m'ont donné les résultats suivans pour l'erreur des tables de M. Delambre :

1799. 27 décembre.	+ 8"	temps secin.
1800. 12 janvier.	+ 4"	observation exacte.
19.	+ 19"	très-exacte.
26.	+ 11"	très-exacte.
selon M. Thulis	— 15	bandes distinctes.
28 janvier.	+ 6"	excellente observation.
selon M. Thulis.	+ 25"	bonne observation.

Le signe + indique que les tables sont en retard ; le signe — qu'elles sont en avance du nombre de secondes que porte le tableau. Je n'ai rien pu déterminer de sûr relativement au second et au troisième satellite. La correction des *émersions* du premier satellite, calculée d'après les tables de M. Delambre, ne paroit pas aller au delà de — 10".

Mais comment s'assurer que la correction appliquée aux observations, à cause du foible grossissement de l'instrument, n'est ni plus grande ni plus petite que $4\frac{1}{2}''$, de sorte que l'on puisse regarder les observations de M. de Humboldt comme *faites avec de bonnes lunettes achromatiques*? Si cette correction appliquée n'est pas de toute exactitude, il faudroit craindre qu'en déduisant de plus les 10" que nous venons d'indiquer pour l'erreur des tables, nous ne nous éloignassions de la vérité au lieu de nous en rapprocher. Je reste indécis, et parce que le nombre des observations est trop peu considérable, et parce qu'elles ont été faites sur *différens* satellites. Pour apprécier la bonté d'une lunette, ou pour *réduire à une lunette achromatique un*

¹ Connaissance des Temps pour l'an XI.

instrument d'un faible grossissement, il faut pour le premier satellite une correction différente de celle que l'on appliqueroit pour les trois autres satellites. Je pense même que chaque lune de Jupiter exige un principe de calcul différent.

Ces considérations m'ont engagé à laisser les résultats dans toute leur simplicité, et de fixer la longitude *d'après les observations des éclipses des satellites de Jupiter*, à $4^h 37' 53''$.

M. de Humboldt se plaint souvent, dans son manuscrit, de l'inconstance du temps à *Caracas*. « Nous avons veillé (dit notre voyageur) les nuits
« des 9, 16, 18 et 25 décembre pour observer des immersions et des émer-
« sions des satellites de Jupiter. Toutes nos peines furent infructueuses. Telle
« est la rapidité des variations hygrométriques dans l'atmosphère des tropiques,
« que souvent le ciel est serein et étoilé cinq minutes avant le moment d'une
« observation manquée. Le 16, j'avois déjà la planète dans le champ de la
« lunette. M. Bonpland comptoit au chronomètre; le ciel étoit extraordinaire-
« ment serein. Il n'y avoit plus qu'une minute ou tout au plus une minute
« et demie d'intervalle jusqu'au moment de l'immersion du satellite, et, pen-
« dant ce temps, il se forma une brume si épaisse, que le corps de la planète
« même ne fut plus visible. »

Malgré cette inconstance du temps, M. de Humboldt eut la patience de veiller pendant vingt-sept nuits, presque toujours infructueusement. Le 1.^{er} janvier, une circonstance que nous croyons devoir rapporter, fit perdre une observation importante. « J'ai commencé la nouvelle année (dit M. de
« Humboldt) par une étourderie dont je ne conçois pas la cause. Nous nous
« étions transportés à la demeure de *Don Pedro Galiegos*, au pied de la
« *Silla*, à laquelle nous devions monter le 2 janvier. Malgré la route fati-
« gante de dix-neuf heures que nous avions à faire à pied, nous résolûmes
« d'observer, la nuit précédente, les trois occultations des satellites de
« Jupiter qui devoient avoir lieu consécutivement. J'avois à peu près calculé
« le moment des émergences; celle du premier satellite devoit être à $4^h 30'$;
« celle du second, à $4^h 21''$, et celle du quatrième, à $4^h 37'$ du chrono-
« mètre. Je veillai la nuit entière, et cependant je ne vis aucune de ces
« éclipses. En approchant de la lunette à quatre heures vingt minutes,
« je vis déjà deux satellites; quatre minutes après, j'en aperçus trois. Celui
« du milieu paroissoit être au moment de son émergence. Ils demeurèrent

« dans cette position jusqu'à 4 heures 29 minutes, le ciel s'étant entièrement
 « couvert de nuages, j'abandonnai la lunette. Comment pouvois-je voir,
 « à 4 heures 27 minutes, trois satellites, si le quatrième avoit déjà fait
 « son immersion, si le premier devoit se trouver encore dans l'ombre ?
 « Aussi ne put-on apercevoir, depuis 5 heures 45 minutes jusqu'à 5 heures
 « 50 minutes, que trois satellites et aucune émerison. Le 3 janvier, à
 « 2 heures 14 minutes 30 secondes, le second satellite étoit hors de l'ombre
 « de la planète. En admettant que la Connoissance des Temps, d'après
 « laquelle je calculai préalablement le moment de l'observation, ait indiqué
 « les émersions en *temps moyen*, au lieu de les indiquer en *temps vrai*,
 « la longitude de la maison de *Galiagos* seroit de $4^h\ 39'$. Dans cette
 « même supposition, l'observation du premier satellite, faite le 1.^{er} janvier,
 « donneroit $4^h\ 40'$. »

J'ai recherché la cause de cette singulière confusion, qui pourroit embarrasser
 un jour d'autres calculateurs; je l'ai trouvée dans les indications de la Con-
 noissance des Temps, telle que M. de Humboldt l'avoit soupçonnée. On diroit
 qu'un mauvais sort a été jeté sur le pronostic des occultations des satellites
 de Jupiter pour les mois de décembre 1799 et janvier 1800. Tantôt les
 immersions et émersions sont indiquées en *temps moyen*, quoique l'Intro-
 duction de l'ouvrage dise positivement qu'elles sont calculées en *temps vrai*;
 tantôt l'équation du temps est précédée de signes *contraires*, comme, par
 exemple, aux données du 1.^{er} et du 17 janvier. C'est ce que M. de Humboldt
 lui-même avoit observé à Caracas, sans avoir en main des tables astrono-
 miques. Il dit tout exprès dans son manuscrit : « En nivôse (du 22 décem-
 « bre 1799 au 20 janvier 1800), il faut *soustraire*, de l'indication de la
 « Connoissance des Temps pour les émersions, l'équation du temps qui s'y
 « rapporte, pour avoir le *temps moyen*. » Si le *temps vrai* étoit indiqué,
 la réduction au *temps moyen* devroit être *additive*.

Mais revenons à l'exposé de nos résultats pour la longitude de Caracas.
 Nous avons trouvé, par l'observation des distances lunaires, après une triple
 combinaison des élémens nécessaires pour la réduction, et en prenant le
 terme moyen entre les tables de Burg, de Triesneker, de Zach et du
 Bureau des longitudes. $4^h\ 37'\ 27''\frac{1}{2}$

Des occultations des satellites de Jupiter donnent. $4^h\ 37'\ 53''$

Longitude de Caracas $4^h\ 37'\ 40''$ en excluant

Astronomie.

toutefois la détermination chronométrique que le mouvement perturbateur de la lanca me fait regarder comme peu sûre.

Je m'arrête par conséquent pour *Caracas*, à :

LONGITUDE = $4^h 37' 40''$ ou $69^{\circ} 25' 0''$ à l'occident de Paris.

LATITUDE = $10^{\circ} 30' 50''$ nord.

Le père *Andujar*, capucin, professeur de mathématiques à *Caracas*, y observa l'éclipse du soleil du 28 octobre 1799, à l'aide d'une chambre obscure. Il dit en avoir vu le commencement, à $0^h 15' 10''$; la fin, à $2^h 30' 12''$, temps vrai; l'obscurissement, de $7^m 10'$. Mais la détermination du temps fut faite par deux pilotes, qui observèrent la culmination avec des octans, *sans avoir le secours de l'horizon de la mer ou d'un horizon artificiel*. Le soleil étoit alors au-dessus d'une chaîne de montagnes, ce qui sans doute doit rendre incertaine de *plusieurs minutes* la détermination du midi vrai.

J'ai voulu cependant hasarder le calcul de la fin de l'éclipse. J'ai trouvé, pour $2^h 30' 12''$, temps vrai, ou pour $2^h 14' 7''$, temps moyen, les données géocentriques suivantes :

Vraie latitude de la lune	$2' 59''.2$ nord.
Parallaxe équatoriale	$61' 25''.12$
Demi-diamètre de la lune	$16' 45''.31$.

De là résultent : latitude apparente de la lune, $40' 40''.78$; demi-diamètre, $17' 0''.73$; différence de la parallaxe de longitude, $30' 43''.48$; et de là le temps de la conjonction du soleil et de la lune, $0^h 42' 31''.0$.

Nous avons trouvé, pour *Cumana*, la conjonction $1^h 3' 11''.7$; la longitude, $4^h 26' 0''$; il s'ensuivroit, pour la longitude de *Caracas*, $4^h 46' 40''.7$. Par conséquent cette observation est infiniment inexacte, et ne peut être d'aucun usage pour la détermination de la longitude.

Les observations de M. Ferrer offrent la plus belle harmonie avec celles de M. de Humboldt. Il fixe la longitude de *Caracas* (à la douane) à $4^h 37' 10''.2$; la latitude, à $10^{\circ} 30' 24''$. Ce savant déduisit cette longitude de la position de *Portorico*, en transportant le temps à *la Guaira* dans une traversée de huit jours. Je trouve, en recalculant l'observation de M. Ferrer, $22''$ de plus.

Longitude de Portorico	68° 28' 3"
de Caracas	69° 17' 33"
Caracas à l'ouest	0° 49' 30"
Longitude de Portorico, d'après mes recherches	68° 35' 30"
Longitude de Caracas	69° 25' 0" = 4 ^h 37' 32"

L'expédition de M. *Fidalgo* déterminâ aussi la longitude de *la Guaira*. M. *Ferrer y* observa même quelques éclipses de satellites et des distances lunaires. *La Guaira* pouvant être regardée comme le port de la ville de *Caracas*, qui en est peu éloigné, les positions de ces deux endroits sont susceptibles d'être comparées ensemble. Nous reviendrons plus tard à cette comparaison importante, après avoir réuni plus de matériaux pour fixer la position de *la Guaira*.

Avant les recherches de M. de Humboldt, les cartes présentoient les positions suivantes de la ville de Caracas :

POSITIONS.	LONGITUDE.	LATITUDE.
<i>Lopez</i> , dans sa carte de Venezuela, selon <i>Herera</i> , coronel de Ingenieros, 1787. . .	69° 20' 0"	10° 50'
<i>Don Pedro Murillo Falarde</i> , geografia historica, livre 9, p. 216 (1752) . . .	66° 30'	9° 30'
<i>A new Chart of the Leeward Islands regulated by astronomical observations, by captain Holland</i> , 1794	68° 50' 45"	10° 6'
<i>Map of the Mexican Gulf, by Th. Kitchin</i> , 1777.	69° 7'	10° 30'
<i>Jeffery's West Indies Pilot</i> , 1785 . . .	68° 50'	10° 29'
<i>La Cruz Olmedilla</i>	69° 12'	10° 50'
Bon atlas pour l'ouvrage de <i>Raynal</i> . . .	69° 24'	10° 17'
<i>Arrowsmith, West Indies</i> , 1803. . . .	69° 22'	10° 26'
<i>Map of the West India isles, by Cary</i> , 1803.	68° 47'	10° 22'
Carte de la capitainerie générale de Caracas, par <i>Poirson</i> 1805 (dressée en partie d'après les premiers calculs des observations de M. de Humboldt, publiés par M. <i>Lalande</i>).	69° 19'	10° 31'

ILES DE PIRITU.

Dans la traversée de *Cumana* à la *Guaira*, M. de Humboldt détermina la position des îles *Piritu*. Le 19 novembre 1799, se trouvant dans le méridien de l'extrémité occidentale de la plus grande de ces îles, il observa, l'après-midi, sur mer, avec un sextant de Troughton de deux pouces de rayon, quelques hauteurs du soleil pour la détermination du temps. L'horizon étoit abaissé de 3' 0". Latitude du vaisseau 10° 18' nord.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR du bord inférieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS TRAI.	AVANCE.
6° 48' 30"	8h 31' 36"	6° 55' 35"	5h 15' 42",1	3° 16' 31",9
6° 37' 30"	8h 32' 16"	6° 44' 25"	15' 52",9	25",1
6° 27' 30"	8h 33' 2"	6° 34' 15"	16' 36",9	25",1
6° 18' 30"	8h 33' 48"	6° 25' 6"	17' 17",3	30",7

bonne.

bonne.

bonne.

Terme moyen, 3h 16' 27",7

Équation du temps, + 14' 12",5

Avance sur le temps moyen, 3h 30' 40",2

Détermination de longitude.

Le 15 novembre 1799, à midi, le chronomètre avançoit, à *Cumana*,

de. 3h 28' 47",1

Retard diurne jusqu'au 18, 18",22 — 54",7

Du 18 au 19, retard diurne augmenté par l'agitation

de la lanche, 24",22; donc en un jour 5 ½ heures. — 29",5

Par conséquent, avance à *Cumana* le 19, à 5h,3. 3h 27' 22",9

Dans le même temps, à bord de la chaloupe. 3h 30' 40",2

Piritu à l'ouest de *Cumana*. 5' 17",3Longitude de *Cumana*. 4h 26' 0"Longitude de la plus occidentale des îles *Piritu*. 4h 29' 17",3 = 67° 19' 20"

La carte des Antilles, publiée par le *Deposito hidrografico de Madrid*, et exécutée d'après les observations de MM. *Fidalgo* et *Churrua*, place la

pointe occidentale de l'île Piritu de 48' en arc à l'ouest de Cumana; ce qui, à une minute en arc près, est conforme à la détermination de M. de Humboldt.

VENTA GRANDE

Entre Caracas et la Guaira,

Auberge sur la crête de la montagne qui sépare la vallée de Caracas de la côte de la Guaira. On y jouit d'une vue magnifique sur la mer des Antilles.

Baromètre : 24^{me}. 6^{te}. 0. Thermomètre : 19^o,25^{cent} (15^o,5 R.)

Hauteur au-dessus du niveau de la mer, 1212,3^m. (622^{toises}).

Détermination du temps.

Le 23 janvier 1800. Hauteurs correspondantes du soleil, près du méridien.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		DOUBLE HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	MIDI au CHRONOMÈTRE.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
3 ^h 19' 51"	3 ^h 47' 20"	120° 18' 2"	3 ^h 55' 25",5
3 ^h 22' 52"	3 ^h 44' 17"	120° 26' 57"	24",5
3 ^h 24' 47"	3 ^h 41' 55"	120° 32' 2"	21",0

Terme moyen, 3^h 55' 23",7

Correction, — 4",7

Équation du temps, — 12' 21",0

Avance sur le temps moyen, 3^h 20' 58",0

Détermination de latitude.

Le 23 janvier 1800. Hauteurs du soleil, près de la culmination.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR VRAIE du SOLEIL.	DIFFÉRENCE de hauteur JUSQU'À MIDI.	HAUTEUR au MÉRIDIEN.
120° 32' 2"	3 ^h 24' 47"	59° 59' 26"	+ 4' 50",6	60° 5' 56",2
120° 58' 42"	3 ^h 50' 4"	60° 2' 46"	0' 40",5	3' 26",7
120° 59' 52"	3 ^h 52' 18"	60° 3' 21"	0' 4",4	5' 25",2
120° 41' 2"	3 ^h 54' 8"	60° 3' 56"	0' 2",0	5' 58",2
120° 59' 52"	3 ^h 55' 47"	60° 3' 21"	0' 20",8	5' 41",4
120° 58' 42"	3 ^h 57' 5"	60° 2' 46"	0' 49",6	3' 35",8
120° 32' 2"	3 ^h 41' 55"	59° 59' 26"	4' 25",5	5' 51",7

Terme moyen, 60° 5' 42",0
Déclinaison australe du soleil, 19° 23' 9"
Hauteur équatoriale, 79° 26' 51"
Hauteur polaire, 10° 33' 9" nord.

Détermination de longitude.

Quoique les hauteurs du soleil aient été prises bien près du passage par le méridien, j'ai tâché de m'en servir pour déterminer la longitude de *la Venta*. J'ai choisi pour cet effet les trois hauteurs les plus éloignées du méridien. Elles nous ont donné, comme nous l'avons déjà vu, l'avance du chronomètre pour le 23 janvier, à midi 3^h 20' 58",0
 . L'avance étoit, le 21 janvier, à *Caracas*. 3^h 21' 18",0

Le retard du chronomètre sur le temps moyen à *Caracas* au mois de janvier, dans l'état de repos, 14",56, en prenant le terme moyen entre les résultats des observations du 31 décembre, du 12 et du 21 janvier. Nous ajoutons, d'après les expériences faites par M. *Thulis* à Marseille, une seconde, à cause des secousses qu'a souffertes l'instrument. Il en résulte, pour la marche diurne du chronomètre, un retard de 15",56 sur le temps moyen.

Ainsi, le 23, l'avance fut, à midi, à <i>Caracas</i>	3 ^h 20' 46",9
Le 23, à <i>la Venta</i>	3 ^h 20' 58",0

La Venta à l'ouest de *Caracas*. 11",1 en
 temps = 2' 47" en arc.

Longitude de *Venta Grande*; 4^h 37' 51",1 = 69° 27' 47".

LA GUAIRA.

Port de *Caracas*. Température moyenne, 27°,5 (22° Réaumur.)

Le 24 janvier 1800. *Détermination du temps.*

Hauteurs correspondantes du soleil.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	MIDI ou CHRONOMÈTRE.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
1 ^h 54' 2"	5 ^h 12' 25"	103° 35' 22"	5 ^h 33' 13",5
1 ^h 55' 13"	5 ^h 11' 16"	103° 54' 37"	14",5
1 ^h 58' 40"	5 ^h 7' 53"	104° 58' 27"	16",5
1 ^h 59' 54"	5 ^h 6' 40"	105° 20' 12"	17",0
2 ^h 3' 59"	5 ^h 2' 54"	106° 26' 52"	16",5
1 ^h 5' 13"	5 ^h 1' 17"	106° 54' 32"	15",0
2 ^h 8' 17"	4 ^h 58' 12"	107° 48' 37"	14",5

Terme moyen, 5^h 33' 15",4

Correction, — 4",8

Équation du temps, — 12' 56",6

Avance sur le temps moyen, 3^h 20' 56",0

Détermination de latitude.

Hauteurs du soleil près de son passage par le méridien.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR VRAIE du SOLEIL.	DIFFÉRENCE de hauteur JUSQU'À MIDI.	HAUTEUR ou MÉRIDIEEN.
121° 3' 36"	3 ^h 34' 40"	60° 15' 3"	+ 0' 7",5	60° 15' 7",5
121° 2' 52"	3 ^h 36' 30"	60° 14' 41"	+ 0' 54",5	15' 19",4
120° 0' 12"	3 ^h 38' 29"	60° 13' 1"	+ 1' 40",4	14' 41",2

Terme moyen, 60° 15' 7",0

Déclinaison australe du soleil, 19° 8' 34",4

Hauteur de l'équateur, 79° 23' 41",4

Latitude, 10° 36' 19" nord.

Détermination de longitude.

Le 21 janvier, à Caracas, le chronomètre avançoit à midi de. $5^h 21' 18'',0$

Variation dans 3 jours $— 46'',7$

Le 24, à Caracas $5^h 20' 51'',3$

Pour le même temps, à la Guaira. . $5^h 20' 55'',0$

La Guaira à l'ouest de Caracas. $3'',7$ en temps.

Le 1.^{er} février, à Caracas, le chronomètre avançoit à midi de. $5^h 18' 24'',5$

Variation dans 8 jours = $+ 8 \times 15'',56 = 124'',8$ $2' 4''.5$

Le 24 janvier, à Caracas $5^h 20' 29'',0$

à la Guaira. $5^h 20' 55'',0$

La Guaira à l'ouest de Caracas $6'',0$ en temps.

Le terme moyen entre ces deux déterminations donne $4'',85$. Ainsi, la longitude de la Guaira = $4^h 57' 44'',85 = 69^o 26' 15''$.

Don Jose Joaquin de Ferrer observa, comme nous l'avons indiqué plus haut, en 1798, à la Guaira, quelques distaues de la lune au soleil, et des éclipses de satellites de Jupiter; il chercha à en déduire la longitude du port. Quant aux distances lunaires, il n'en a publié que les résultats; mais nous possédons le détail de ses observations de satellites.

Le 4 janvier, cet astronome habile vit l'émergence du *troisième* satellite à la Guaira, à $10^h 9' 51''$ temps vrai, ou $10^h 15' 40'',0$ temps moyen. A Paris, d'après les tables de M. Delambre, l'émergence eut lieu à $2^h 51' 56''$ le 5 au matin. Longitude : = $4^h 36' 16''$.

Le 8 janvier, M. Ferrer observa l'émergence du *premier* satellite à $9^h 54' 39'',8$ temps vrai, ou $10^h 2' 40'',8$ temps moyen. Les tables de M. Delambre indiquent le moment de l'émergence pour Paris, à $2^h 39' 43'',4$ temps moyen, le 9 au matin. Longitude : $4^h 37' 2'',6$.

Le 8 janvier, M. Ferrer observa l'émergence du *second* satellite à $8^h 54' 10'',8$ temps vrai, ou $9^h 3' 43'',0$ temps moyen. D'après les tables de M. Delambre, cette émergence devoit avoir lieu à Paris à $1^h 42' 27'',2$ le 9 au matin. Longitude : $4^h 38' 44'',2$.

M. Ferrer ajoute une quatrième observation; mais voyant qu'il la déclare lui-même peu certaine, nous n'y avons point eu égard. Les trois émergences donnent les résultats suivans :

Le 4 janvier, troisième satellite . .	$4^h 36' 16''$
8 janvier, premier satellite . .	$57' 2''$
second satellite . .	$58' 44''$

Je n'ai point trouvé d'observations correspondantes. A leur défaut, j'ai fait usage des tables de M. Delambre, après les avoir corrigées par des comparaisons faites avec de bonnes observations.

Je trouvais les résultats suivans :

1) Pour le premier satellite.

OBSERVATIONS.	D'APRÈS LES TABLES.	
Le 19 décembre 1797, à Viviers. . .	— 43",5	Très-bonne. Temps sec.
Le 28 décembre. . . à Viviers. . .	— 17",5	Exacte.
Le 4 janvier 1798. . . à Prague. . .	— 16",0	Bonne.
à Viviers. . .	— 24",8	Exacte.
Le 20. à Viviers. . .	— 50",0	Exacte.
à Prague. . .	— 27",9	Bonne.
à Berlin. . .	— 26",9	Bonne.
Le 27. à Prague. . .	+ 2",0	Bonne.
Terme moyen.	— 25",1	Valeur de laquelle les tables placent l'émergence trop tôt.

2) Pour le second satellite.

Le 25 décembre 1797, à Viviers. . .	+ 14",5	Exacte.
Le 19 janvier 1798, à Viviers. . .	+ 41",5	Exacte.
à Montpellier. .	+ 35"	Bonne.
Le 26. à Viviers. . .	— 9",0	Exacte.
à Montpellier. .	— 9",0	Bonne.
à Cracovie. . .	+ 65",0	Bonne.
Terme moyen.	+ 18",2	

3) Pour le troisième satellite.

Le 28 déc. 1797, immersion à Viviers..	— 1' 3"	
émersion à Viviers..	— 2' 26"	
Le 2 fév. 1798, immersion à Vienne..	— 1' 53"	Bandes distinctes.
émersion à Viviers..	— 2' 26"	Exacte.
Terme moyen.	— 1' 51"	

Les observations avec lesquelles j'ai comparé les tables de M. Delambre sont tirées de la Connaissance des Temps pour l'an IX, et des Ephémérides de Vienne pour l'année 1800.

Nous avons donc obtenu les résultats suivants pour la longitude de la Guaira :

ÉMERSIONS.	CORRECTION des tables.	CORRECTION de longitude.
4 janvier, troisième satellite.	+ 1' 52",0	4 ^h 38' 8"
8 janvier, second satellite.	— 18",2	4 ^h 38' 26"
9 janvier, premier satellite.	+ 23",1	4 ^h 37' 25"
Longitude de la Guaira,		4 ^h 38' 0"

M. Ferrer observa aussi, le 3 et le 9 janvier, à la Guaira, quelques observations de la lune au soleil, qui lui donnèrent, pour la longitude de ce port, 4^h 37' 12". Mais comme il n'indique, ainsi que nous l'avons remarqué plus haut, que les résultats de ces distances, je n'ai pu ni examiner la justesse des observations, ni apprécier l'influence de l'erreur des tables lunaires. Il s'est contenté de nommer le jour de l'observation, sans noter l'heure. Peut-être reconnoissoit-il lui-même que le résultat de ses distances étoit peu exact. Après une traversée de huit jours, M. Ferrer trouva par le transport du temps la différence des méridiens, entre la Guaira et la capitale de Portorico, de 52' 30" = 3' 30" en temps; or comme, d'après mes recherches, la longitude de Portorico est de 4^h 34' 14" en temps, il s'ensuit, pour la longitude de la Guaira, 4^h 37' 44"; ce qui est conforme à 1" près à la longitude trouvée par M. de Humboldt. En prenant un terme moyen entre le résultat des satellites de Jupiter et la détermination chronométrique, on trouve, pour la longitude de la Guaira, 4^h 37' 25"; d'après les observations de M. de Humboldt, 4^h 37' 4",8 : le milieu entre ces deux résultats seroit de 4^h 37' 48". M. Ferrer en fixe la latitude au Quai (Wharf) = 10° 36' 40" nord.

M. Antillon, dans son Analyse de la carte de l'Amérique septentrionale, place la Guaira par 10° 38' 54" de latitude, et lui donne pour longitude 60° 37' 84" = 4^h 2' 30",5 à l'ouest de Cadix, ou 4^h 37' 1",0 à l'ouest de Paris. Il indique cette position comme fondée sur les observations faites par l'expédition de M. Fidalgo. Cette expédition trouva en effet la différence des méridiens, entre Cumana et la Guaira, de 2° 46' 25" = 11' 5",8 en temps. Mais en admettant Cumana de Paris, 4^h 26' 0", la Guaira seroit à

4° 37' 5",8. Je tâcherai de démontrer par la suite que M. *Fidalgo* admet la distance, entre *Barcelone* et *Cumana*, de 14° plus courte qu'elle l'est réellement. D'ailleurs, cet habile navigateur communiqua lui-même à M. de Humboldt (pendant son séjour à Carthagène des Indes) 10° 37' pour la latitude de la Guaira, et 10° 37' 20" pour celle de Cabo Blanco.

Il sera intéressant de présenter dans un même tableau les diverses positions que les géographes ont assignées jusqu'à présent au port de *la Guaira*.

	LONGITUDE.	LATITUDE.
<i>La Cruz</i>	69° 15' 1/2	10° 26'
<i>Lopez, carta plana de la provincia de Caracas</i> , 1787.	69° 19' 1/2	10° 55' "
<i>D'Anville</i> , carte de l'Amérique méridionale, 1748.	69° 12'	10° 42'
<i>Surville, mapa corografica de N. Andalusia</i> , 1778.	69° 15'	10° 25'
<i>Gumilla</i> , Histoire de l'Orénoque.	69° 58'	10° 22'
<i>Jeffery's West-Indies Pilot</i>	69° 1'	10° 34'
<i>A new Chart of the Leeward Islands regulated by astronom. observ.</i> by capt. Holland, 1794.	68° 58'	10° 18'
<i>Map of the Mexican gulph by Kitchen</i> , 1777.	69° 24'	10° 44'
<i>Arrowsmith, map of the West-Indies</i> , 1805.	69° 12'	10° 55'
<i>Humboldt et Ferrer</i>	69° 27' 0"	10° 56' 19"

CABO BLANCO,

Cap élevé à l'ouest de *la Guaira*.

Baromètre, à *la Figia*, 332¹,8; lorsqu'il étoit près de la mer, à 337¹,3.

Thermomètre, 30° 0 centigr. (24° R.)

Hauteur au-dessus du niveau de la mer, 127,2^m. (65,2 toises.)

Détermination de latitude.

Le 25 janvier 1800, hauteurs du soleil près du passage par le méridien.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR VRAIE du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR VRAIE du SOLEIL.	DIFFÉRENCE de hauteur JUSQU'À MIDI.	HAUTEUR au MÉRIDIEN.
121° 28' 52"	3 ^h 27' 41"	60° 27' 59"	+ 1' 44",7	60° 29' 23",8
121° 29' 2"	3 ^h 29' 30"	60° 27' 54"	0' 45",5	28' 38",2
121° 31' 17"	3 ^h 31' 43"	60° 29' 1"	0' 6",1	29' 7",2
121° 31' 15"	3 ^h 34' 47"	60° 29' 0"	0' 11",8	29' 12",6
121° 29' 23"	3 ^h 36' 59"	60° 28' 5"	0' 59",0	29' 4"
121° 28' 22"	3 ^h 38' 8"	60° 27' 39"	1' 37",8	29' 17",8

Terme moyen, sans la seconde observation, 60° 29' 12",8

Déclinaison australe du soleil, 18° 55' 58",8

Hauteur de l'équateur, 79° 23' 11"

Latitude, 10° 36' 49"

Détermination de longitude.

A la *Guaira*, l'œil élevé de 33 pieds, M. de Humboldt vit le *Cabo Blanco* sous un angle de 1° 12'. J'en déduis pour la distance horizontale 3316 toises; et, à l'aide de la différence de latitude entre la *Guaira* et *Cabo Blanco*, je trouve, pour la différence de méridien, 14",0 en temps, et, pour la longitude du *Cabo Blanco*, 4^h 38' 2" = 69° 30' 30".

SILLA DE CARACAS,

Sommet du *Cerro de Avila*, célèbre parmi les navigateurs, et intéressant pour les attéragés, comme le *Pic de Teyde* et le volcan d'*Orizava*. Cette montagne a la forme d'une selle, et se distingue de très-loin quand on s'approche des côtes.

Baromètre sur la cime de la *Silla*: 20^{es} 7^{es} 6.

Thermomètre: 13°,75^{es} (11° R.)

Hauteur au-dessus du niveau de la mer: 2660^m. (ou 1366^{toises}). Par conséquent la *Silla* est visible sans réfraction à une distance de 1° 39' 20", et en comptant l'effet de la réfraction à un dixième de l'arc, à une distance de 1° 50' 22" ou de 36^{es} lieues marines.

Le 1.^{er} janvier 1800, M. de Humboldt parvint, non sans courir de grands

dangers, à la cime de *la Silla*. Il se bâta, pendant un temps nébuleux, de prendre quelques hauteurs du soleil pour déterminer la longitude d'un point si important pour la navigation.

L'après-midi. Sextant de Troughton, de deux pouces de rayon.

OBSERVATIONS.			RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR de bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.		HAUTEUR TRAITÉ du SOLEIL.	TEMPS TRAITÉ.	AVANCE.
50° 20' 30"	7 ^h 19' 10"		34° 52' 30"	3 ^h 45' 18",9	3 ^h 30' 51",1
40° 56' 30"	7 ^h 40' 59"		30° 10' 5"	4 ^h 10' 32",3	6",7
40° 50' 30"	7 ^h 41' 36"		30° 7' 6",2	4 ^h 10' 46",3	49",7
39° 47' 30"	7 ^h 45' 51"		19° 55' 51",2	4 ^h 13' 15",6	17",4
39° 17' 30"	7 ^h 44' 35"		19° 20' 31",2	4 ^h 14' 25",4	11",6
39° 4' 30"	7 ^h 45' 58"		19° 15' 59"	4 ^h 14' 55",7	44",5

Termes moyen, 3^h 30' 30",1—1,77 Δφ.

Équation du temps, — 4' 12",1

Avance sur le temps moyen, 3^h 26' 18",0

L'observation est annoncée dans le manuscrit comme *très-mauvaise*. Notre voyageur y ajoute la remarque qu'il ne faut point prendre le terme moyen de toutes les hauteurs, mais qu'il croit la cinquième observation la meilleure de toutes, la brume permettant un instant de voir le disque du soleil bien déterminé.

Détermination de longitude.

Cette cinquième observation donne, pour l'avance du chronomètre sur le temps moyen, 3^h 25' 59",5.

A *Caracas*, le 31 décembre, à midi, le chronomètre avançoit de 3^h 26' 25",3; le retard diurne étoit de 15",56. Ainsi, le 1^{er} janvier, à quatre heures après midi, de 3^h 26' 7",2. Par conséquent, la longitude de *la Silla*, 7",7 en temps, à l'est de *Caracas*.

Le sommet de *la Silla* parut à *Caracas* (à *la Trinidad*) sous un angle de 11° 12' 49", d'où j'ai déduit, avec plus de certitude, la différence des niveaux de *Caracas* et de *la Silla* étant connue, la distance de 4538 toises, et la différence des méridiens = 19",2 en temps.

Le terme moyen des deux résultats est 13",41 en temps, ou 3' 22" en arc

à l'est de Caracas. L'expédition de *Fidalgo* trouva $3^{\circ} 25''$ en arc pour la différence des méridiens entre Caracas et la Silla.

Nous examinerons ailleurs cette belle méthode que M. de Humboldt a employée le premier pour déterminer des positions astronomiques par des angles de hauteurs observées par des azimuths.

Longitude du sommet de *la Silla*... = $69^{\circ} 21' 38''$

Latitude..... = $10^{\circ} 31' 5''$ (d'après M. Ferrer).

Voyage dans l'intérieur de la province de CARACAS et dans celle de LA GUAYANA.

HACIENDA DEL TUI,

Habitation de Don Jose Manterola dans la vallée du *Tui*, sur la route de *Caracas* à *Nueva Valencia*.

Baromètre : $26^{\text{re}} 3^{\text{te}} 4$. Thermomètre : $23^{\circ},3$ ^{centigr.} (19° R.)

Hauteur au-dessus du niveau de la mer : 601^{m} (308 toises)

Détermination du temps.

Le 10 février 1800, hauteurs correspondantes du soleil.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		HAUTEURS de bord supérieur DU SOLEIL.	MIDI ou CHRONOMÈTRE.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
$10^{\text{h}} 43' 33''$	$8^{\text{h}} 20' 28''$	$29^{\circ} 27' 22''$	$3^{\text{h}} 32' 0^{\text{s}},5$
$10^{\text{h}} 45' 12''$	$8^{\text{h}} 18' 52''$	$50^{\circ} 15' 42''$	$2^{\text{s}},0$
$10^{\text{h}} 46' 50''$	$8^{\text{h}} 17' 28''$	$50^{\circ} 50' 42''$	$4^{\text{s}},0$

Terme moyen, $5^{\text{h}} 52' 2^{\text{s}},2$

Correction, — $4^{\text{s}},3$

Équation du temps, — $14' 58^{\text{s}},2$

Avance sur le temps moyen, $3^{\text{h}} 17' 19^{\text{s}},7$

Les nuages empêchèrent, pendant l'après-midi, de prendre des hauteurs du soleil.

Détermination de latitude.

Le 9 février, hauteurs de *Canopus*, près de son passage par le méridien.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de CANOPUS.	TEMPS de CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR VRAIE de CANOPUS.	DIFFÉRENCE de HAUTEUR.	HAUTEUR au MÉRIDIEN.
54° 13' 7"	12 ^h 7' 58"	27° 5' 6"	+ 1' 59",0	27° 7' 5"
54° 16' 12"	12 ^h 10' 29"	27° 6' 59"	1' 4",1	7' 43"
54° 17' 32"	12 ^h 14' 0"	27° 7' 19"	0' 15",7	7' 55"
54° 18' 42"	12 ^h 15' 48"	27° 7' 54"	0' 3",6	7' 58"
54° 18' 52"	12 ^h 18' 14"	27° 7' 49"	0' 0",7	7' 50"
54° 14' 52"	12 ^h 24' 33"	27° 5' 59"	1' 7",0	7' 6"
54° 12' 57"	12 ^h 27' 40"	27° 5' 12"	2' 18",7	7' 20"

Terme moyen, 27° 7' 31",1

Déclinaison australe de *Canopus*, 52° 35' 53",6

Hauteur de l'équateur, 79° 43' 4",7

Hauteur polaire, 10° 16' 55" nord.

Le 12 février, hauteurs de *Canopus* près de son passage par le méridien.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de CANOPUS.	TEMPS de CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR VRAIE de CANOPUS.	DIFFÉRENCE de HAUTEUR.	HAUTEUR au MÉRIDIEN.
54° 18' 22"	12 ^h 8' 12"	27° 7' 44"	+ 0' 53",6	27° 8' 18"
54° 18' 42"	12 ^h 9' 51"	27° 7' 54"	0' 15",2	8' 9",5
54° 17' 57"	12 ^h 13' 1"	27° 7' 51"	0' 0",1	7' 32"
54° 17' 42"	12 ^h 15' 51"	27° 7' 24"	0' 8",9	7' 33"

Terme moyen, 27° 7' 53",0

Déclinaison australe de *Canopus*, 52° 56' 53",6

Hauteur de l'équateur, 79° 43' 26",6

Latitude, 10° 16' 53" nord.

Les deux observations sont indiquées dans le manuscrit comme *très-bonnes*.
Le terme moyen entre les deux résultats donne 10° 16' 44".

Détermination de longitude.

Le 9 février, M. de Humboldt observa, avec la même lunette dont il s'étoit servi à *Caracas*, l'émergence du premier satellite à $2^h 44' 32''$ du chronomètre, ou à $11^h 27' 3''$ temps moyen. Les tables de M. Delambre donnent, pour cette émergence, à Paris, $4^h 5' 19\frac{1}{2}''$ le 10 au matin; et, par conséquent, pour la longitude de *Tui*, $4^h 38' 16''\frac{1}{2}$. L'observation est déclarée bonne.

Le 10 février, l'émergence du troisième satellite fut observée à $11^h 16' 11''$ du chronomètre = $7^h 58' 58''$ temps moyen. Le satellite sortit de l'ombre à 0,8 du diamètre de la planète; l'observation est indiquée comme très-bonne dans le manuscrit. Comparée avec l'émergence calculée d'après les tables de M. Delambre, elle donne pour $0^h 37' 42''$ le 11 au matin, $4^h 38' 44''$.

Mais, par les immersions et émergences observées à *Caracas*, nous avons trouvé que pour la correction de la lunette, il faut soustraire $44''$ du moment des émergences; d'où il résulte, pour la longitude de *Tui*, par l'observation du premier, $4^h 39' 9''\frac{1}{2}$; et par celle du troisième, $4^h 39' 28''$. Terme moyen entre les deux résultats, $4^h 39' 14''$.

M. David¹ observa l'émergence du troisième satellite de Jupiter, le 11 février, à *Prague*, à $1^h 9' 58''$ temps vrai, au matin, ou $1^h 24' 36''$ temps moyen.

D'après cette observation correspondante, la longitude de *Tui* seroit $5^h 25' 38''$ à l'ouest de *Prague*, ou $4^h 37' 18''$ à l'ouest de *Paris*; et ayant égard à la correction de la lunette, qui fait de $44''$, la longitude seroit de $4^h 38' 2''$. Les astronomes Taucher et Bogdanich à *Bude*² observèrent aussi cette émergence; M. Bogdanich à $1^h 45' 29''$, et M. Taucher à $1^h 43' 54''$ temps moyen; ce qui nous donneroit, pour la longitude de *Tui*, $4^h 40' 26''$ et $4^h 38' 51''$ en retranchant les $44''$ déjà indiquées.

Mais, quelque préférence que je donne, dans tout autre cas, aux résultats des observations correspondantes, je me borne cette fois-ci à ceux qu'offrent les tables non corrigées du troisième satellite. Je pense que, malgré la correction employée, la faible lunette dont M. de Humboldt étoit obligé de se servir, depuis son départ de *Cumana*, ne doit entrer en aucune comparaison

¹ Éphémérides de Vienne, a. 1802, p. 281.

² *Ibid.*, p. 270.

avec la belle lunette de sept pieds de M. *David*. Ce dernier instrument peut avoir présenté les émersions de quelques minutes en temps trop tôt. Aussi les astronomes de *Bude* se servent-ils communément de télescopes newtoniens de deux ou de quatre pieds de longueur. Voici l'harmonie qui existoit alors entre les tables de M. Delambre et les observations faites dans différentes parties de l'Europe :

1800.	L. ^{re} SATELLITE.	REMARQUES DES OBSERVATEURS.
Le 3 février, à <i>Viviers</i> . . .	— 19"	excellente observation.
à <i>Marseille</i> . . .	— 19"	bonne.
à <i>Vienne</i>	+ 1"	bandes distinctes.
à <i>Bude</i>	+ 15"	bandes distinctes.
Le 11 février, à <i>Prague</i>	— 7"	bandes distinctes.
à <i>Paris</i>	— 24"	Jupiter fort clair.
Le 13 février, à <i>Cracovie</i> . . .	+ 50"	bonne observation.
Le 19 à <i>Bude</i>	+ 26"	ciel serein et tranquille.
Le 20 à <i>Paris</i>	— 22"	entièrement distinct.
à <i>Bude</i>	— 2"	serein et tranquille.
à <i>Cracovie</i> . . .	+ 9"	observation très-sûre.

Le signe — indique les émersions que les tables de M. Delambre annoncent trop tard; le signe +, celles qu'elles annoncent trop tôt. L'erreur moyenne seroit à peu près de 15 secondes, qu'il faudroit déduire. Cependant, par les raisons que j'ai développées en déterminant la longitude de Caracas, je préfère de m'en tenir au résultat des tables non corrigées, qui donnent 4^h 39' 14".

Le chronomètre donne, pour la différence des méridiens entre le Tui et Caracas, 1' 30",3 en temps; par conséquent la longitude du Tui = 4^h 36' 10",3.

A la fin de cet ouvrage nous ferons connoître comment les longitudes ont été fixées par le moyen du transport du temps; mais il faudra auparavant avoir examiné la marche diurne de l'horloge.

LA VICTORIA,

Petite ville sur le *Rio Calananchas*, dans les vallées d'*Aragua*.

Baromètre: 26^{mm}. 5^l.6. Thermomètre: 25^{centig.} (20° R.).

Élévation au-dessus du niveau de la mer: 541^m. (270^{toises}).

Astronomie.

Le 12 février. Hauteurs correspondantes du soleil.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	MIDI DU CHRONOMÈTRE.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
0 ^h 52' 55"	0 ^h 10' 25"	88° 28' 52"	5 ^h 51' 40",0
0 ^h 54' 30"	0 ^h 8' 52"	89° 7' 22"	41",0
0 ^h 55' 45"	0 ^h 7' 38"	89° 40' 22"	41",5
0 ^h 56' 46"	0 ^h 6' 39"	90° 4' 52"	42",5
0 ^h 58' 9"	0 ^h 5' 15"	90° 40' 52"	42",0
1 ^h 2' 1"	0 ^h 1' 15"	92° 18' 2"	38",0
1 ^h 5' 8"	0 ^h 0' 10"	92° 45' 42"	39",0
1 ^h 4' 28"	0 ^h 58' 51"	93° 19' 52"	39",5
1 ^h 6' 8"	0 ^h 57' 10"	94° 2' 52"	39",0

Termes moyen, 5^h 51' 40",3

Correction, — 5",1

Équation du temps, — 14' 58",0

Avance sur le temps moyen, 5^h 16' 57",2

Détermination de latitude.

Le 11 février. Hauteurs de Canopus près de sa culmination.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLER HAUTEUR de CANOPUS.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de CANOPUS.	DIFFÉRENCE du HAUTEUR.	HAUTEUR du MÉRIDIEN.
54° 20' 12"	11 ^h 59' 4"	27° 8' 39"	+ 2' 15",8	27° 10' 55"
54° 21' 22"	12 ^h 1' 5"	27° 9' 14"	1' 27",0	10' 41"
54° 22' 56"	12 ^h 2' 58"	27° 9' 51"	0' 51",2	10' 42"
54° 24' 18"	12 ^h 5' 7"	27° 10' 37"	0' 22",0	10' 59"
54° 24' 27"	12 ^h 7' 25"	27° 10' 47"	0' 4",1	10' 51"
54° 24' 36"	12 ^h 9' 53"	27° 10' 51"	0' 0",6	10' 52"
54° 25' 57"	12 ^h 17' 37"	27° 10' 52"	1' 34",4	12' 6"
54° 20' 27"	12 ^h 21' 27"	27° 8' 47"	5' 19",6	12' 6"

Termes moyen des six premières observations, 27° 10' 51",7

Déclinaison australe de Canopus, 52° 55' 33",6

Canopus culminoit à 12^h 9' 11",4 du chronomètre.

Hauteur équatoriale, 79° 46' 25"

Hauteur polaire, 10° 13' 35" nord.

Détermination de longitude.

Longitude de la *Victoria*, $4^h 39' 22''$, $8 = 69^{\circ} 50' 42''$,0.

HACIENDA DEL CURA,

Plantation de sucre du comte *Don Domingo Tovar*, près de la *Laguna de Valencia*.

Baromètre à 5^h du soir : $26^{\text{re}} 8^{\text{e}},5$. Thermomètre : $27^{\circ},6^{\text{vaig}}$ ($22^{\circ},1$ R.)

Hauteur au-dessus du niveau de la mer, 459^{m} . (235^{mises} .)

Détermination du temps.

Le 15 février 1800. Hauteurs correspondantes du soleil.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	MIDI ou CHRONOMÈTRE.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
$11^h 46' 5''$	$7^h 18' 25''$	$59^{\circ} 10' 2''$	$3^h 52' 15'',0$
$11^h 48' 33''$	$7^h 16' 3''$	$60^{\circ} 25' 57''$	$18'',0$
$11^h 50' 17''$	$7^h 14' 16''$	$61^{\circ} 14' 42''$	$16'',5$
$11^h 52' 11''$	$7^h 12' 25''$	$62^{\circ} 5' 32''$	$18'',5$
$11^h 53' 25''$	$7^h 11' 12''$	$62^{\circ} 58' 17''$	$17'',5$
$11^h 55' 35''$	$7^h 9' 2''$	$63^{\circ} 57' 42''$	$17'',5$
$11^h 57' 10''$	$7^h 7' 25''$	$64^{\circ} 21' 47''$	$17'',5$

Terme moyen, $3^h 52' 17'',2$

Correction, — $4'',8$

Équation du temps, — $14' 29'',7$

Avance sur le temps moyen, $3^h 17' 42'',7$

Le 19 février. Hauteurs correspondantes du soleil.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	MIDI ou CHRONOMÈTRE.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
$1^h 54' 28''$	$5^h 7' 10''$	$116^{\circ} 21' 2''$	$3^h 50' 59'',0$
$2^h 2' 24''$	$4^h 59' 33''$	$119^{\circ} 6' 42''$	$58'',5$
$2^h 5' 50''$	$4^h 58' 5''$	$119^{\circ} 37' 52''$	$57'',5$
$2^h 7' 23''$	$4^h 54' 36''$	$120^{\circ} 52' 52''$	$59'',5$
$2^h 8' 45''$	$4^h 53' 14''$	$121^{\circ} 19' 42''$	$58'',5$

• Terme moyen, $5^h 30' 58''.6$
 Correction, — $5''.1$
 Équation du temps, — $14' 10''.7$
 Avance sur le temps moyen, $3^h 16' 42''.8$

Détermination de latitude.

Le 14 février. Hauteurs de *Canopus* près de son passage par le méridien.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR de CANOPUS.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de CANOPUS.	DIFFÉRENCE de HAUTEUR.	HAUTEUR du MÉRIDIEN.
$54^{\circ} 19' 32''$	$12^h 4' 20''$	$27^{\circ} 8' 49''$	$+ 0' 50''.8$	$27^{\circ} 9' 10''$
$54^{\circ} 16' 22''$	$12^h 8' 26''$	$27^{\circ} 6' 44''$	$+ 2' 20''.4$	$9' 4''$
$54^{\circ} 12' 32''$	$12^h 11' 10''$	$27^{\circ} 4' 49''$	$+ 3' 44''.8$	$8' 34''$

Terme moyen, $27^{\circ} 8' 56''.\frac{1}{2}$

Déclinaison australe du soleil, $52^{\circ} 35' 34''.7$

Hauteur de l'équateur, $79^{\circ} 44' 31''$

Latitude, $10^{\circ} 15' 29''$ nord.

Culmination de *Canopus* à $11^h 58' 8''.\frac{1}{2}$
 du chronomètre.

Le 15 février. Hauteurs de *Canopus* près de la culmination.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR de CANOPUS.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de CANOPUS.	DIFFÉRENCE de HAUTEUR.	HAUTEUR du MÉRIDIEN.
$54^{\circ} 16' 20''$	$12^h 4' 35''$	$27^{\circ} 6' 44''$	$+ 2' 50''.0$	$27^{\circ} 9' 14''$
$54^{\circ} 15' 42''$	$12^h 6' 35''$	$27^{\circ} 5' 24''$	$+ 3' 32''.1$	$8' 56''$

bonne.

Terme moyen, $27^{\circ} 9' 5''.0$

Déclinaison australe de *Canopus*, $52^{\circ} 35' 54''.7$

Hauteur de l'équateur, $79^{\circ} 44' 39''.7$

Latitude, $10^{\circ} 15' 20''$ nord.

Culmination de *Canopus* à $11^h 53' 57''$
 du chronomètre.

Le 16 février. Hauteurs de *Canopus* près du passage par le méridien.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR de CANOPUS.	TEMPS de CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de CANOPUS.	DIFFÉRENCE de HAUTEUR.	HAUTEUR au MÉRIDIE.
54° 19' 52"	11 ^h 49' 23"	27° 8' 19"	+ 0' 0",0	27° 8' 19"
54° 18' 22"	11 ^h 56' 27"	27° 7' 44"	0' 55",5	43° 1/2
54° 17' 22"	11 ^h 58' 7"	27° 7' 14"	1' 36",5	50° 1/2

Terme moyen, 27° 8' 37",7

Déclinaison australe de *Canopus*, 52° 55' 54",7

Hauteur de l'équateur, 79° 44' 12",4

Latitude, 10° 15' 47",2

Culmination de *Canopus* à 11^h 49' 45",2
du chronomètre.

Le 17 février. Hauteurs de *Canopus* près de la culmination.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR de CANOPUS.	TEMPS de CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de CANOPUS.	DIFFÉRENCE de HAUTEUR.	HAUTEUR au MÉRIDIE.
54° 9' 2"	11 ^h 29' 4"	27° 3' 4"	+ 6' 1",2	27° 9' 5"
54° 9' 52"	11 ^h 30' 55"	27° 3' 19"	4' 44",2	8' 3"
54° 13' 52"	11 ^h 33' 20"	27° 5' 19"	3' 18",2	8' 37"
54° 16' 2"	11 ^h 35' 22"	27° 6' 54"	2' 18",0	8' 52"
54° 16' 32"	11 ^h 37' 8"	27° 6' 49"	1' 32",4	8' 53",2
54° 17' 22"	11 ^h 40' 21"	27° 7' 14"	0' 56",1	7' 50"
54° 18' 12"	11 ^h 42' 57"	27° 7' 39"	0' 9",1	7' 48"
54° 18' 56"	11 ^h 44' 50"	27° 8' 1"	0' 0",8	8' 2"
54° 18' 52"	11 ^h 50' 2"	27° 7' 59"	0' 26",5	8' 21",2
54° 17' 36"	11 ^h 52' 41"	27° 7' 21"	1' 7",0	8' 28"

Terme moyen, 27° 8' 21",4

Déclinaison australe de *Canopus*, 52° 35' 54",8

Hauteur de l'équateur, 79° 43' 56",2

Latitude, 10° 16' 4" nord.

Nous avons obtenu les résultats suivans pour la latitude de la *Hacienda del Cura*:

Par les observations du 14 février.	10° 15' 29"
15.	10 15' 20"
16.	10° 15' 47 $\frac{1}{2}$ "
17	10° 16' 4"
Terme moyen.	10° 15' 40" nord.

Détermination de longitude.

Longitude de la *Hacienda del Cura*, 4^h 41' 0",8 = 70° 15' 12",0.

NUEVA VALENCIA,

Ville considérable dans les vallées d'*Aragua*.

Baromètre: 27^{me} 8¹/₂. Thermomètre: 26°,4 ^{centigr.} (21°,2 R.)

Hauteurs au-dessus du niveau de la mer: 474^m. (243 toises.)

Détermination du temps.

Le 23 février 1800. Hauteurs correspondantes du soleil.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	MIDI au CHRONOMÈTRE.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
1 ^h 37' 50"	5 ^h 22' 32"	111° 56' 52"	3 ^h 30' 11",0
1 ^h 39' 20"	5 ^h 21' 2"	112° 53' 12"	11",0

Terme moyen, 3^h 30' 11",0

Correction, — 5",0

Équation du temps, — 13' 40",8

Avance sur le temps moyen, 3^h 16' 25",2

Le même jour, M. de Humboldt observa avant midi une suite de hauteurs de soleil; mais l'après-midi les nuages ne permirent point de prendre les hauteurs correspondantes. J'ai donc été obligé de me servir des hauteurs simples du matin pour déterminer le temps vrai.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
107° 27' 30"	1 ^h 26' 53"	53° 27' 7"	9 ^h 56' 49",3	3 ^h 30' 3",7
108° 22' 22"	1 ^h 29' 5"	53° 54' 53",2	9 ^h 59' 1",2	3",8
108° 58' 22"	1 ^h 30' 54"	54° 12' 54"	10 ^h 0' 28",1	5",9
109° 28' 42"	1 ^h 31' 48"	54° 27' 44"	10 ^h 1' 41",6	6",4
109° 59' 42"	1 ^h 33' 3"	54° 43' 14"	10 ^h 2' 57",0	6",0
110° 30' 2"	1 ^h 34' 19"	54° 58' 24",2	10 ^h 4' 13",1	5",9
111° 4' 22"	1 ^h 35' 40"	55° 15' 54",2	10 ^h 5' 54",8	5",2
111° 33' 52"	1 ^h 36' 58"	55° 30' 20"	10 ^h 6' 47",3	10",2

Terme moyen sans la dernière observation, 3^h 50' 5",3

Équation du temps, — 13' 41",5

Avance sur le temps moyen, 3^h 16' 23",8

Détermination de latitude.

Le 23 février. Hauteurs de *Canopus* près de la culmination.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de CANOPUS.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de CANOPUS.	DIFFÉRENCE de HAUTEUR.	HAUTEUR au MÉRIDIEU.
54° 33' 40"	11 ^h 25' 16"	27° 15' 23"	+ 0' 21",5	27° 15' 44",1
54° 50' 30"	11 ^h 28' 44"	27° 13' 48"	1' 14",7	15' 2",2
54° 25' 42"	11 ^h 51' 25"	27° 11' 24",2	2' 20",0	13' 44",1
54° 24' 15"	11 ^h 53' 45"	27° 10' 41"	3' 27",9	14' 9",2

Terme moyen, 27° 14' 40",1

Déclinaison australe, 52° 55' 35",5

Culmination de *Canopus* à
11^h 21' 14" du chronomètre.

Hauteur de l'équateur, 79° 50' 15",2

Latitude, 10° 9' 44",2 nord.

Le 24 février, M. de Humboldt ne put obtenir que deux hauteurs de

Canopus à travers les nuages. Elles étoient éloignées de 4° à $4^{\circ}\frac{1}{2}$ du méridien. *Canopus* passa par le méridien à $11^h 17' 2''\frac{1}{2}$ du chronomètre.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR de CANOPUS.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de CANOPUS.	DISTANCE du MÉRIDIEN.	LATITUDE.
$54^{\circ} 19' 2''$	$11^h 33' 4''$	$27^{\circ} 8' 4''$	$+ 4^{\circ} 1' 2''$	$10^{\circ} 10' 40''$
$54^{\circ} 17' 47''$	$11^h 35' 19''$	$27^{\circ} 7' 26''\frac{1}{2}$	$4^{\circ} 32' 52''$	$9' 55''$

Terme moyen, $10^{\circ} 10' 7''\frac{1}{2}$ nord.

D'après les observations du 23 février, $10^{\circ} 9' 21''\frac{1}{2}$

Latitude de *Valencia*, $10^{\circ} 9' 56''$

Le manuscrit ne détermine point laquelle de ces deux observations de latitude mérite la préférence. Elles ont été faites sous des circonstances peu favorables.

Détermination de longitude.

Longitude de la *Nueva Valencia*, $4^h 42' 15''\frac{1}{2} = 70^{\circ} 33' 48''$.

PORTOCABELLO,

L'un des ports les plus beaux et les plus extraordinaires que la nature ait formés. Température moyenne, $27^{\circ}, 5^{\text{moy}} (22^{\circ} \text{R.})$.

« Les observations que je fis à *Portocabello*, dit M. de Humboldt, sont « mauvaises; l'alidade du petit sextant de Troughton n'ayant point de vis, « elle sortoit de sa place au moindre mouvement de la main. Ce ne fut que « le 5 mars que je m'aperçus de cet inconvénient. Il n'eut pas lieu avant « mon départ de Caracas; j'y remédiai dans la suite en affermissant l'alidade « avec de la cire. »

Quoique ces observations ne paroissent pas propres à déterminer exactement la position de *Portocabello*, j'ai cru devoir en faire usage, parce que la longitude de ce port est différemment indiquée par les navigateurs français et espagnols. Voici les résultats que j'ai obtenus:

Détermination du temps.

Le 28 février 1800. Hauteurs correspondantes du soleil, prises avec un sextant de Troughton de deux pouces. Latitude: $10^{\circ} 28' 22''$.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		HAUTEUR du bord inférieur DU SOLEIL.	MIDI du CHRONOMÈTRE.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
0 ^h 39' 7"	6 ^h 17' 58"	87° 38' 50"	3 ^h 28' 22",5
0 ^h 40' 39"	6 ^h 15' 3"	88° 17' 0"	3 ^h 51",0
0 ^h 44' 30"	6 ^h 12' 40"	89° 22' 10"	3 ^h 55",0

Terme moyen, 3^h 28' 16",5

Correction, — 5",0

Équation du temps, — 12' 49",8

Avance sur le temps moyen, 3^h 15' 21",7

Le même jour, après midi. Hauteurs correspondantes du soleil.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR du bord inférieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
85° 54' 0"	6 ^h 24' 48"	42° 12' 27",1	2 ^h 57' 26",6	3 ^h 27' 21",4
85° 54' 0"	6 ^h 25' 45"	42° 2' 27"	2 ^h 58' 15",9	29",1
85° 0' 40"	6 ^h 26' 48"	41° 45' 45",1	2 ^h 59' 28",4	19",6

Terme moyen, 3^h 27' 23",6 + 0,942

Équation du temps, — 12' 48",6

Avance sur le temps moyen, 3^h 14' 55",0

Détermination de longitude.

Longitude de *Portocabello*, 4^h 42' 28",2 = 70° 37' 3".

En 1704, le *P. Feuillée*, religieux minime, observa à *Portocabello* la

¹ Latitude supposée: $\phi = 10^{\circ} 28' 22''$.

hauteur méridienne du bord supérieur du soleil, le 12 juillet, = $78^{\circ} 48' 55''$. Le 13 juillet, il trouva celle du bord inférieur de $78^{\circ} 41' 4''$.

De là résulte, d'après mon calcul, pour la latitude de *Portocabello*, $10^{\circ} 30' 12''$ par la première observation, et $10^{\circ} 29' 12''$ par la seconde observation. *Cassini* trouva $10^{\circ} 30' 48''$ et $10^{\circ} 30' 50''$ ¹.

M. *Antillon*, dans son *Analyse géographique*, fixe *Portocabello*, par $10^{\circ} 23' 22''$ de latitude, et par $64^{\circ} 14' 42''$ de longitude occidentale de *Madrid* = $70^{\circ} 16' 53''$ ou $4^{\text{h}} 41' 7''$ de *Paris*. Cette détermination se fonde sur la position de *la Guaira*². Mais nous avons vu plus haut que M. *Antillon* donne à *la Guaira* $10^{\circ} 58' 5$ de longitude de moins que ne porte mon calcul d'après les observations de M. de Humboldt. Celles de M. *Ferrer* indiquent même une différence de $12' 30''$. M. *Fidalgo* trouva la différence des méridiens entre *la Guaira* et *Portocabello*, $1^{\circ} 6' 25''$; M. *Hugarte*, $1^{\circ} 3' 0''$. Terme moyen. . . $1^{\circ} 4' 43''$.

Longitude de *la Guaira*. $69^{\circ} 26' 13''$, et par conséquent
Portocabello. $70^{\circ} 30' 56'' = 4^{\text{h}} 42' 3''$, 8.

On compte d'ordinaire vingt-deux lieues de *la Guaira* à *Portocabello*. L'escadre de M. de *Vaudreuil* ne trouva même la longitude que de $4^{\text{h}} 39' 28'' = 69^{\circ} 52' 0''$; ainsi, d'environ trois quarts de degré trop orientale.

Les cartes nous offrent pour la position géographique de *Portocabello* les données suivantes :

¹ Mémoires de l'Académie de Paris, 1708. Journal des observations, par L. Feuillée, tome III, p. 283, 284.

² *Analysis*, p. 39. « Se ha situado por la diferencia de longitud que midió D. Tomas Hugarte con su reloj entre el y la Guaira. »

	LONGITUDE.	LATITUDE.
<i>D'Anville</i> , carte de l'Amérique méridionale, 1758	70° 51' 50"	10° 15'
<i>La Cruz</i> , carta de la America meridional, 1775.	70° 24'	10° 17' 50"
<i>Lopez</i> , carta de la provincia de Caracas, 1772	70° 50' 0"	10° 10'
<i>Surville</i> , mapa corografica, etc. 1778	70° 50'	10° 20'
<i>Bonne</i> , atlas pour Raynal. . .	70° 50'	
<i>John Hamilton Moore</i> , a new and correct Chart of the Windward Islands, 1791	69° 57' 45"	
<i>Barredamarinero instruido</i> , 1789	70° 18'	10° 26'
<i>Padron de S. Martin</i> , 1787 . .	69° 52'	
<i>Jeffery's Pilot</i> (édition de 1783).	69° 57'	10° 21'
<i>Poirson</i> , carte de la capitainerie générale de Caracas, 1805. .	70° 28'	10° 18'

D'Anville, *La Cruz*, *Surville* et *Lopez* n'ont point fait usage des déterminations de latitude de *Feuillée*. J'en suis d'autant plus surpris que les travaux de cet astronome ont toujours été regardés comme très-estimables.

GUACARA,

Village indien dans les vallées d'Aragua.

Baromètre à 10^h du soir: 26^{re} 5^l,5. Thermomètre: 25°, 2^{es} (20°, 1 R.)

Hauteurs au-dessus du niveau de la mer, 438 mètres (225 toises).

Détermination du temps.

Le 4 mars 1800. Sextant de deux pouces.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		DOUZE HAUTEURS du bord supérieur DU SOLEIL.	MIDI ou CHRONOMÈTRE.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
1 ^h 52' 53"	5 ^h 57' 0"	124° 0' 0"	3 ^h 24' 56",5
1 ^h 54' 26"	5 ^h 55' 50"	124° 35' 50"	25' 8",5
1 ^h 57' 3"	5 ^h 53' 3"	125° 39' 0"	25' 3",0

deuxième, selon le
méridien.

Terme moyen sans la troisième observation, $3^h 24' 59''.8$

Correction, — $4''.2$

Équation du temps, — $11' 59''.3$

Avance sur le temps moyen, $3^h 12' 56''.3$

Le 5 mars 1800. Hauteurs simples du soleil avec le sextant de deux pouces.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VAIR HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
$85^{\circ} 16' 30''$	$0^h 25' 35''$	$42^{\circ} 21' 24''\frac{1}{2}$	$9^h 0'. 1''\frac{1}{2}$	$3^h 25' 28''.5$
$86^{\circ} 32' 30''$	$0^h 27' 3''$	$42^{\circ} 59' 25''\frac{1}{2}$	$9^h 2' 44''.0$	$24' 19''.0$
$87^{\circ} 0' 30''$	$0^h 28' 2''$	$43^{\circ} 13' 26''$	$9^h 3' 43''.9$	$24' 18''.1$
$87^{\circ} 51' 30''$	$0^h 30' 11''$	$43^{\circ} 38' 56''\frac{1}{2}$	$9^h 5' 33''.2$	$24' 57''.8$
$88^{\circ} 33' 30''$	$0^h 31' 38''$	$43^{\circ} 59' 57''\frac{1}{2}$	$9^h 7' 3''.3$	$24' 54''.7$
$89^{\circ} 16' 30''$	$0^h 33' 10''$	$44^{\circ} 21' 28''$	$9^h 8' 35''.6$	$24' 54''.4$
$90^{\circ} 14' 30''$	$0^h 35' 17''$	$44^{\circ} 50' 29''$	$9^h 10' 40''.5$	$24' 56''.7$
$91^{\circ} 29' 30''$	$0^h 38' 0''$	$45^{\circ} 28' 0''\frac{1}{2}$	$9^h 15' 21''.8$	$24' 58''.2$

Terme moyen des sept dernières observations, $3^h 24' 51''.3$

Équation du temps, — $11' 47''.2$

Avance sur le temps moyen, $3^h 12' 44''.1$

Détermination de latitude.

Le 5 mars. Deux hauteurs de *Canopus* avec le sextant de Troughton de deux pouces.

Culmination à $10^h 38' 13''\frac{1}{2}$ du chronomètre. Déclinaison australe apparente, $52^{\circ} 35' 36''.2$.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de CANOPUS.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VAIR HAUTEUR de CANOPUS.	DISTANCE du MÉRIDIEN.	LATITUDE.
$54^{\circ} 20' 20''$	$10^h 53' 4''$	$27^{\circ} 8' 43''\frac{1}{2}$	$+ 5^{\circ} 43' 13''$	$10^{\circ} 10' 48''$
$54^{\circ} 14' 0''$	$10^h 55' 53''$	$27^{\circ} 5' 33''\frac{1}{2}$	$4^{\circ} 25' 56''$	$11' 57''$

Terme moyen, $10^h 11' 23''$ nord.

Détermination de longitude.

Longitude de *Guacara*, $4^h 41' 42''$, $2 = 70^{\circ} 25' 33''$.

GUIGUE,

Village éloigné environ de 2000 mètres de la côte méridionale de la *Laguna de Valencia* (sextant de Ramsden).

Baromètre à 2^h après midi: $26^{\circ} 9', 2$. Thermomètre: $30^{\circ}, 3^{centes}$ ($24^{\circ}, 2$ R.).

Hauteur au-dessus du niveau de la mer, 448^m (230^{toises}).

Détermination de latitude.

Le 8 mars 1800.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de CANOPUS.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de CANOPUS.	DIFFÉRENCE de HAUTEUR.	HAUTEUR ou MÉRIDIEN.
$52^{\circ} 40' 17''$	$10^h 29' 21''$	$27^{\circ} 18' 32''$	$+ 0' 26'', 8$	$27^{\circ} 19' 9''$
$54^{\circ} 36' 22''$	$10^h 36' 18''$	$27^{\circ} 16' 44'' \frac{1}{2}$	$+ 2' 53'', 8$	$19' 58''$
$54^{\circ} 32' 47''$	$10^h 37' 58''$	$27^{\circ} 14' 57''$	$+ 5' 48'', 0$	$18' 45''$

Terme moyen, $27^{\circ} 19' 10'', 7$

Déclinaison australe de Canopus, $52^{\circ} 35' 57'', 9$

Culmination de *Canopus* à $10^h 24' 52''$ du chronomètre.

Hauteur de l'équateur, $79^{\circ} 54' 48'' \frac{1}{2}$

Latitude, $10^{\circ} 5' 11'' \frac{1}{2}$ nord.

Détermination du temps.

Le 8 mars 1800, après midi.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
$47^{\circ} 26' 52''$	$7^h 22' 25''$	$23^{\circ} 25' 34''$	$4^h 20' 40'', 2$	$3^m 22' 4'', 6$
$46^{\circ} 21' 22''$	$7^h 45' 0''$	$22^{\circ} 52' 57''$	$4^h 22' 57'', 0$	$3^m 0''$
$42^{\circ} 10' 47''$	$7^h 53' 58''$	$20^{\circ} 47' 28''$	$4^h 51' 33'', 3$	$4^m 7''$
$41^{\circ} 16' 47''$	$7^h 55' 29''$	$20^{\circ} 20' 25''$	$4^h 53' 24'', 5$	$4^m 5''$
$39^{\circ} 47' 57''$	$7^h 58' 31''$	$19^{\circ} 35' 54'' \frac{1}{2}$	$4^h 56' 27'', 6$	$3^m 9''$

Terme moyen, $5^h 22' 4^{s},0$
 Équation du temps, $- 10' 58^{s},4$
 Avance sur le temps moyen, $5^h 11' 5^{s},6$

Détermination de longitude.

Longitude de *Guigue*, $4^h 41' 40^{s},5 = 70^{\circ} 25' 7^{s},5$.

VILLA DE CURA.

Petite ville située dans une vallée environnée de montagnes très-élevées, sur la route de *Valencia* aux *Llanos de Calabozo*.

Baromètre, à 6^h du soir: $26^{m} 5^{s},6$. Thermomètre: $26^{\circ},3^{centigrade}$ ($21^{\circ},2$ R.)
 Hauteurs au-dessus du niveau de la mer: 537^{m} ($276^{mètres}$).

Détermination de latitude.

Le 9 mars 1800. Hauteurs de Canopus près de sa culmination.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR de CANOPUS.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de CANOPUS.	DIFFÉRENCE de HAUTEUR.	HAUTEUR au MÉRIDIEN.
$54^{\circ} 44' 32''$	$10^h 13' 45''$	$27^{\circ} 20' 49'' \frac{1}{2}$	$+ 0' 55'' ,0$	$27^{\circ} 21' 25'' \frac{1}{2}$
$54^{\circ} 45' 32''$	$10^h 16' 50''$	$27^{\circ} 21' 19'' \frac{1}{2}$	$0' 7'' ,0$	$21' 26'' \frac{1}{2}$
$54^{\circ} 45' 30''$	$10^h 19' 16''$	$27^{\circ} 21' 18'' \frac{1}{2}$	$0' 0'' ,2$	$21' 18'' \frac{1}{2}$
$54^{\circ} 45' 32''$	$10^h 22' 40''$	$27^{\circ} 21' 14'' \frac{1}{2}$	$0' 18'' ,3$	$21' 33''$
$54^{\circ} 44' 37''$	$10^h 25' 12''$	$27^{\circ} 20' 52''$	$0' 51'' ,8$	$21' 44''$
$54^{\circ} 44' 7''$	$10^h 22' 55''$	$27^{\circ} 20' 57''$	$1' 24'' ,2$	$22' 1''$

Terme moyen, $27^{\circ} 21' 54'' ,7$

Déclinaison australe de Canopus, $52^{\circ} 35' 57'' ,9$

Hauteur de l'équateur, $79^{\circ} 57' 12'' \frac{1}{2}$

Latitude, $10^{\circ} 2' 47'' \frac{1}{2}$ nord.

Culmination de Canopus à $10^h 18' 57''$
 du chronomètre.

Détermination du temps.

Le 9 mars 1800, après midi. Les quatre dernières observations sont déclarées *bonnes* dans le manuscrit de M. de Humboldt.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de GAMMA.	TEMPS VRAI.	AVANCE
54° 10' 42"	8h 8' 30"	16° 46' 57"	4h 48' 22",3	3h 20' 5",7
53° 24' 57"	8h 9' 57"	16° 25' 50",1	49' 56",9	20' 0",1
53° 2' 32"	8h 10' 45"	16° 12' 47"	50' 45",2	19' 57",8
51° 45' 32"	8h 15' 22"	15° 54' 9",1	53' 18",9	20' 5",1
51° 22' 22"	8h 14' 12"	15° 22' 52"	54' 8",3	20' 5",7
50° 4' 7"	8h 18' 55"	14° 43' 17"	56' 51",6	20' 5",4
29° 39' 22"	8h 17' 45"	14° 30' 52",1	57' 59",7	20' 5",5

Terme moyen, 5h 20' 3",0

Équation du temps, — 10' 43",1

Avance sur le temps moyen, 5h 9' 19",9

Détermination de longitude.

Longitude de la *Villa de Cura*, 4h 40' 20",2 = 70° 5' 3".

SAN JUAN,

Village au pied des *Morros de San Juan*, groupe de rochers isolés et d'une forme très-grotesque, situés au milieu de la Savane.

Baromètre, à 1h après midi: 26^{mm} 10^l,8. Thermomètre: 25°,2^{cent} (20°,1 R.)
 Élévation au-dessus du niveau de la mer: 397^m (203^{toises}).

Détermination du temps.

Le 11 mars 1800. Latitude supposée de *San Juan*, 9° 55' nord.

Après midi. Les manuscrits annoncent cette observation comme *très-bonne*.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR du local supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR VRAIE du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
37° 30' 42"	7 ^h 59' 58"	23° 27' 56"	4 ^h 21' 44",5	5 ^h 18' 15",7
46° 40' 32"	7 ^h 41' 43"	23° 2' 32"	23' 27",5	15",7
45° 22' 42"	7 ^h 44' 25"	22° 23' 54"	26' 7",2	15",8
44° 46' 27"	7 ^h 45' 53"	22° 5' 25"	27' 21",7	31",5

douteuse

Terme moyen des trois premières observations, 5^h 18' 15",1

Équation du temps, — 10' 10",5

Avance sur le temps moyen, 5^h 8' 4",6+0,15429.*Détermination de longitude.*Longitude de *San Juan*, 4^h 40' 1",1 = 70° 0' 16",5.

CALABOZO.

Ville au milieu du désert (Llano).

Baromètre, à 11^h du matin : 27^m. 7^l. Thermomètre: 31°,25^{cent}. (25° R.)Hauteur au-dessus du niveau de la mer: 104,7^m. (53^{toises}).*Détermination de latitude.*Le 15 mars. Hauteurs de *Canopus* près de son passage par le méridien.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de CANOPUS.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VRAIE HAUTEUR de CANOPUS.	DIFFÉRENT de HAUTEUR.	HAUTEUR ou MÉRIDIEN.
56° 58' 47"	9 ^h 54' 18"	28° 28' 1"	+ 0' 2",1	28° 28' 5"
56° 57' 34"	1 ^h 57' 20"	28° 27' 25"	0' 26",5	27' 51"
56° 56' 22"	10 ^h 1' 13"	28° 26' 49"	1' 33",4	28' 22"
56° 55' 2"	10 ^h 26' 9"	28° 26' 9"	2' 25",8	28' 55"

Terme moyen, 28° 28' 15"

Déclinaison australe, 52° 35' 38",4

Hauteur de l'équateur, 81° 5' 51",4

Latitude, 8° 56' 8",4 nord.

Détermination du temps.

Le 15 mars 1800.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
21° 14' 37"	8 ^h 32' 50"	10° 17' 16"	5 ^h 17' 0",3	3 ^h 15' 49",7
19° 27' 54"	8 ^h 56' 28"	9° 23' 30"	5 ^h 20' 58",4	49",7

Termes moyen, 3^h 15' 49",7

Équation du temps, — 9' 1",8

Avance sur le temps moyen, 3^h 6' 47",9

Le 17 mars 1800, avant midi.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
99° 58' 22"	0 ^h 58' 11"	49° 44' 43"	9 ^h 23' 55",8	3 ^h 14' 58",7
100° 43' 52"	0 ^h 59' 45"	50° 5' 18",1	9 ^h 25' 6",9	58",1
101° 17' 52"	0 ^h 40' 55"	50° 22' 9",7	9 ^h 26' 16",8	38",2
103° 36' 2"	0 ^h 45' 43"	51° 51' 25"	9 ^h 31' 4",9	38",1
104° 37' 52"	0 ^h 47' 50"	52° 2' 11",4	9 ^h 35' 11",6	38",4
105° 48' 42"	0 ^h 50' 17"	52° 37' 47",2	9 ^h 35' 42",5	54",7
106° 29' 52"	0 ^h 51' 45"	52° 58' 13"	9 ^h 37' 6",9	38",1
108° 27' 52"	0 ^h 55' 50"	53° 57' 14"	9 ^h 41' 15",7	56",3

Termes moyen, 3^h 14' 37",6

Équation du temps, — 8' 52",5

Avance sur le temps moyen, 3^h 6' 5",1

Le 18 mars, avant midi. Les observations sont indiquées comme ayant été bonnes.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR VRAIE du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
71° 52' 12"	11 ^h 39' 17"	55° 39' 6"	8 ^h 25' 21",3	5 ^h 13' 55",6
72° 42' 32"	11 ^h 41' 2"	56° 4' 17"	27' 4",3	57",6
73° 24' 12"	11 ^h 42' 26"	56° 25' 7",1	28' 29",8	56",2
74° 2' 2"	11 ^h 43' 42"	56° 44' 3"	29' 47",1	55",9
75° 14' 42"	11 ^h 46' 13"	57° 20' 24"	32' 15",7	57",3
76° 0' 2"	11 ^h 47' 46"	57° 43' 5"	53' 48",5	57",5
76° 38' 22"	11 ^h 49' 4"	58° 2' 15",1	55' 6",9	57",1

Terme moyen, 5^h 13' 56",7

Equation du temps, — 8' 15",4

Avance sur le temps moyen, 5^h 5' 41",5

Après midi. Le temps empêcha de prendre des hauteurs correspondantes.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VRAIE HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
71° 45' 12"	6 ^h 48' 53"	35° 54' 36"	3 ^h 55' 2",2	3 ^h 13' 51",6
70° 15' 32"	6 ^h 51' 55"	34° 49' 54",1	3 ^h 58' 4",9	50",1
69° 40' 2"	6 ^h 55' 5"	34° 32' 53"	3 ^h 39' 14",0	51",0
69° 13' 52"	6 ^h 53' 59"	34° 19' 45",2	3 ^h 40' 8",0	51",0

Terme moyen, 5^h 13' 50",9

Equation du temps, — 8' 10",0

Avance sur le temps moyen, 5^h 5' 40",9

Détermination de longitude.

Longitude de Calabozo, 4^h 40' 42",7 = 70° 10' 40",5.

Avant les observations de M. de Humboldt, on fixoit la longitude de Calabozo de la manière suivante :

	LONGITUDE.	LATITUDE.
<i>D'Anville</i> , 1748.	68° 51'	8° 55'
<i>La Cruz Olmedilla</i> , 1775. . .	69° 45'	8° 45'
<i>Lopez</i> , <i>carta de Venezuela</i> , 1787.	69° 55'½	8° 51'
<i>Surville</i> , <i>mapa corografico de</i> <i>N. Andalusia</i> , 1788.	69° 52'	8° 45'½
<i>Poirson</i> , <i>carte de la capitainerie</i> <i>générale de Caracas</i> , 1805. . .	70° 5'	8° 47'

SAN FERNANDO DE APURE,

Village indien sur la rive droite du fleuve Apure, dans la province de Varinas.

Baromètre, à 11 heures du matin : 27^{vo}. 11^l. 6.

Thermomètre, 31°, 25^{es} (25° R.)

Hauteur au-dessus du niveau de la mer, 53,3^m. (27,3^{toises}.)

Détermination de latitude.

Le 27 mars 1800, M. de Humboldt ne put observer, à cause des nuages, qu'une seule hauteur de α dans la Croix australe. La double hauteur étoit, à 3^h 12' 50" du chronomètre, de 40° 12' 22"; la vraie hauteur, 20° 4' 8". La culmination, au chronomètre, 2^h 56' 1"; d'où nous déduirions pour la latitude, 7° 51' 43" nord.

Le 28 mars. Culmination, 2^h 51' 36" du chronomètre. Déclinaison australe apparente, 61° 59' 32", 3.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de α DE LA CROIX.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VRAIE HAUTEUR de α DE LA CROIX.	DISTANCE de MÉRIDIEN.	LATITUDE.
40° 16' 2"	3 ^h 1' 7"	20° 5' 59"	+ 2° 23' 0"	7° 55' 18"
40° 14' 22"	3 ^h 4' 15"	20° 5' 9"	5° 10' 6"	52' 45"
40° 9' 52"	3 ^h 7' 57"	20° 2' 55"	4° 5' 45"	55' 15"

Terme moyen, 7° 55' 5"

Le 29 mars 1800. Culmination, $2^h 37' 12''$ du chronomètre.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de S DE LA CROIX.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR VRAIE de S DE LA CROIX.	DISTANCE de MÉRIDIE.	LATITUDE.
$40^{\circ} 7' 12''$	$3^h 5' 9''$	$20^{\circ} 1' 53'' \frac{1}{2}$	$+ 3^{\circ} 20' 57''$	$7^{\circ} 55' 41'' \frac{1}{2}$
$40^{\circ} 1' 7''$	$3^h 9' 15''$	$19^{\circ} 58' 50'' \frac{1}{2}$	$5^{\circ} 31' 8''$	$53^{\circ} 35'' \frac{1}{2}$
$39^{\circ} 57' 12''$	$3^h 15' 6''$	$19^{\circ} 56' 53''$	$6^{\circ} 29' 51''$	$52^{\circ} 39'' \frac{1}{2}$

Terme moyen, $7^{\circ} 53' 19''$

Ainsi, nous avons trouvé la latitude de *San Fernando* :

Le 27 mars. $7^{\circ} 51' 43''$ (decimus), à travers les nuages.

Le 28 $7^{\circ} 53' 5''$

Le 29 $7^{\circ} 53' 19''$

Terme moyen. $7^{\circ} 52' 42''$ nord.

Par les observations du 28 et du 29 mars. . . $7^{\circ} 53' 12''$

Détermination du temps.

Le 27 mars 1800, après midi.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR VRAIE de SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
$56^{\circ} 59' 32''$	$7^h 56' 1''$	$18^{\circ} 1' 57''$	$4^h 48' 42'' \cdot 0$	$3^h 7' 19'' \cdot 0$
$56^{\circ} 10' 22''$	$7^h 56' 59''$	$17^{\circ} 47' 0'' \frac{1}{2}$	$49' 41'' \cdot 0$	$18'' \cdot 0$
$55^{\circ} 42' 2''$	$7^h 57' 58''$	$17^{\circ} 52' 52'' \frac{1}{2}$	$50' 58'' \cdot 5$	$10'' \cdot 5$
$55^{\circ} 15' 12''$	$7^h 58' 56''$	$17^{\circ} 18' 21''$	$51' 56'' \cdot 7$	$19'' \cdot 3$
$54^{\circ} 23' 22''$	$8^h 0' 35''$	$16^{\circ} 53' 22''$	$53' 17'' \cdot 7$	$17'' \cdot 3$
$53^{\circ} 53' 22''$	$8^h 1' 36''$	$16^{\circ} 38' 20'' \frac{1}{2}$	$54' 18'' \cdot 3$	$17'' \cdot 7$

Terme moyen, $3^h 7' 18'' \cdot 5$

Équation du temps, — $5' 24'' \cdot 8$

Avance sur le temps moyen, $3^h 1' 55'' \cdot 7$

Détermination de longitude.

Longitude de *San Fernando de Apure*, $4^h 41' 20''$, $7 = 70^{\circ} 20' 10''$,5.

RIVIÈRE DE L'ORÉNOQUE,

Dans les forêts qui s'étendent depuis la rive droite du Bas - Orénoque (*Baxo-Orinoco*) jusqu'au sud de la rivière des Amazones.

A. ORINOCO, ENTRE LES ENBOUCHURES DE L'APURE ET DU GUAFIARE.

BOCCA DEL RIO APURE,

Embouchure de la grande rivière Apure, dans l'Orinoco.

Baromètre, à neuf heures et demie du matin : $28^{\text{po}} 1^{\text{h}} 3$.

Thermomètre : $28^{\circ},75^{\text{centigr.}}$ (23° R.)

Hauteur au-dessus du niveau de la mer : $25,6^{\text{m}}$ ($13,1^{\text{toises}}$)

Détermination de latitude.

Le 4 avril 1800. Culmination à $2^h 15' 43''$ du chronomètre. Déclinaison australe de α de la Croix, $61^{\circ} 59' 34''$,5.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR de α DE LA CROIX	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de α DE LA CROIX.	DISTANCE du MÉRIDIEN.	LATITUDE.
$40^{\circ} 47' 7''$	$2^h 28' 15''$	$20^{\circ} 21' 33''$	$+ 3^{\circ} 8' 51''$	$7^{\circ} 36' 55''$
$40^{\circ} 45' 20''$	$2^h 50' 42''$	$20^{\circ} 20' 59''$	$5^{\circ} 45' 21''$	$6''$
$40^{\circ} 38' 22''$	$2^h 56' 9''$	$20^{\circ} 17' 10''$	$5^{\circ} 7' 21''$	$21''$
$40^{\circ} 51' 57''$	$2^h 38' 30''$	$20^{\circ} 15' 27''$	$5^{\circ} 42' 41''$	$30''$

Terme moyen, $7^{\circ} 36' 25''$ nord.

Détermination du temps.

Le 5 avril 1800, avant midi.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR RÉELLE du bord inférieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR VRAIE du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
63° 51' 22"	11 ^h 2' 22"	52° 10' 57"	8 ^h 6' 59",5	2 ^h 55' 24",7
64° 20' 22"	11 ^h 3' 24"	52° 25' 8"	8 ^h 7' 55",2	28",8
64° 50' 22"	11 ^h 4' 24"	52° 40' 9"	8 ^h 8' 56",6	27",4
65° 22' 47"	11 ^h 5' 29"	52° 56' 22"	8 ^h 10' 2",1	26",9
65° 47' 42"	11 ^h 6' 19"	53° 8' 50"	8 ^h 10' 52",4	26",6
66° 20' 25"	11 ^h 7' 26"	53° 25' 12"	8 ^h 11' 58",5	27",5

Terme moyen, 2^h 55' 27",0

Équation du temps, — 1' 46",1

Avance sur le temps moyen, 2^h 52' 40",9

L'observation de latitude est annoncée dans le manuscrit comme ayant été *bonne*; celle de la détermination du temps comme *très-bonne*.

Détermination de longitude.

Longitude de la Bocca del Rio Apure, 4^h 36' 30",0 = 69° 7' 29".

La position du voyageur pendant cette nuit étoit des plus extraordinaires. Je transcris l'observation suivante qui se trouve dans son journal. « J'observois
« au rivage septentrional du fleuve Apure. Nous passâmes la nuit du 4 avril
« dans des craintes continuelles. Nous étions entourés de tigres (jaguars),
« dont les rugissemens répondoient aux hurlemens et aux lamentations de
« nos chiens. Le feu que nos guides indiens avoient allumé au rivage, attiroit
« les crocodiles. Ils se tenoient à mi-corps au-dessus de l'eau, comme pour
« nous observer. Nous étions encore peu accoutumés à des scènes pareilles,
« qui, dans la suite, se répétèrent trop souvent pour nous inquiéter. »

CUCURUPARU,

Ile de l'Orénoque, au nord de Caño de la Tortuga. Les Indiens d'Uruana
« vont déterrer dans cette ile des œufs de tortues, dont ils retirent une

huile animale (*manteca*). C'est un objet de commerce intéressant pour ces peuplades.

Détermination de latitude.

Le 7 juin 1800. Hauteurs de α de la Croix australe. Culmination, $9^h 33' 43''$ du chronomètre.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de α DE LA CROIX.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VRAIE HAUTEUR de α DE LA CROIX.	DISTANCE du MÉRIDIEN.	LATITUDE.
$41^{\circ} 28' 7''$	$9^h 47' 24''$	$20^{\circ} 42' 5''$	$+ 3^{\circ} 25' 42''$	$7^{\circ} 15' 0''$
$41^{\circ} 25' 52''$	$9^h 48' 55''$	$20^{\circ} 40' 57''$	$3^{\circ} 48' 58''$	$15' 8''$
$41^{\circ} 21' 22''$	$9^h 51' 50''$	$20^{\circ} 38' 42''$	$4^{\circ} 27' 29''$	$16' 21''$

Terme moyen, $7^{\circ} 15' 30''$ nord.

La double hauteur de α du *Centaure* fut, à $11^h 39' 55''$ du chronomètre, de $45^{\circ} 29' 22''$. Je trouve de là pour la vraie hauteur, $22^{\circ} 42' 54''$. Distance du méridien, — $1^{\circ} 7' 40''$. La latitude, $7^{\circ} 15' 43''$ nord. Déclinaison apparente, $60^{\circ} 1' 0''$, sud. L'observation est indiquée dans le manuscrit comme ayant été bonne.

Hauteurs de β du *Centaure*, pour la latitude :

Culmination, $11^h 7' 49''$ du chronomètre. Déclinaison apparente, $59^{\circ} 24' 17''$, sud.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de β DU CENTAURE.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VRAIE HAUTEUR de β DU CENTAURE.	DISTANCE du MÉRIDIEN.	LATITUDE.
$46^{\circ} 25' 12''$	$11^h 51' 47''$	$23^{\circ} 9' 52''$	$+ 6^{\circ} 0' 21''$	$7^{\circ} 15' 31''$
$46^{\circ} 20' 17''$	$11^h 53' 15''$	$23^{\circ} 8' 24''$	$6^{\circ} 22' 2''$	$43''$
$46^{\circ} 17' 12''$	$11^h 54' 46''$	$23^{\circ} 6' 51''$	$6^{\circ} 45' 13''$	$51''$

Terme moyen, $7^{\circ} 15' 42''$ nord.

Ainsi, nous avons pour la latitude de *Cucuruparu*:

Par α de la Croix australe. . .	$7^{\circ} 15' 50''$
α du Centaure.	$43''$
β du Centaure.	$42''$
Terme moyen.	$7^{\circ} 15' 38''$ nord.

Détermination du temps.

Le 7 juin 1800. Hauteurs simples de α du Centaure.

Ascension droite apparente, $217^{\circ} 38' 31'',2$. Déclinaison australe apparente, $60^{\circ} 1' 0'',1$.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR de α DU CENTAURE.	TEMPS de CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de α DU CENTAURE.	TEMPS MOYEN.	AVANCE.
$58^{\circ} 26' 22''$	$9^h 53' 24''$	$19^{\circ} 11' 2'' \frac{1}{2}$	$7^h 30' 27'',8$	$2^h 22' 46'',2$
$58^{\circ} 36' 32''$	$9^h 54' 27''$	$19^{\circ} 16' 8''$	$7^h 51' 50'',2$	$36'',8$
$58^{\circ} 46' 52''$	$9^h 55' 54''$	$19^{\circ} 21' 18'' \frac{1}{2}$	$7^h 55' 16'',3$	$57'',7$

Avance sur le temps moyen, $2^h 22' 40'',2$

Cette observation est indiquée dans le manuscrit comme *très-bonne*.

Détermination de longitude.

Longitude de *Cucuruparu*, $4^h 37' 10'',1 = 69^{\circ} 17' 32''$.

URUANA,

Village indien (Mission) sur la rive orientale de l'Orénoque, à peu près en face de l'embouchure du Rio Arauca.

Le 6 juin 1800. Hauteurs de α de la Croix australe.

Détermination de latitude.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR de α de la Croix australe.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de α de la Croix australe	DISTANCE du MÉRIDIEN.	LATITUDE.
41° 45' 42"	9 ^h 58' 40"	20° 45' 53"	+ 2° 43' 26"	7° 8' 22"
41° 53' 27"	10 ^h 0' 55"	20° 44' 44"	5° 17' 63"	8' 7"
41° 31' 52"	10 ^h 2' 56"	20° 43' 57"	5° 42' 48"	7' 35"

Terme moyen, 27° 19' 10",7

Culmination, 9^h 59' 48" du chronomètre.

Déclinaison australe apparente, 61° 59' 50",5.

Hauteurs de α du Centaure.

OBSERVATIONS		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR de α DU CENTAURE.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de α DU CENTAURE.	DISTANCE du MÉRIDIEN.	LATITUDE.
59° 26' 12"	10 ^h 4' 50"	19° 41' 1"	-25° 27' 37"	7° 6' 17"
59° 38' 52"	10 ^h 6' 44"	19° 47' 22"	25° 59' 3"	36"
59° 50' 30"	10 ^h 8' 17"	19° 53' 11"	25° 35' 45"	7"

Terme moyen, 28^h 28' 15"—0,23751
angle horsire.

Le terme moyen entre les deux observations, seroit 7° 7' 12". Je donne cependant la préférence à la valeur de 7° 8' 3", parce que les hauteurs de α de la Croix ont été observées beaucoup plus près du méridien. α du Centaure culminoit à 2^h 24' 42" $\frac{1}{2}$ du chronomètre. Déclinaison australe apparente, 60° 1' 0",1. En réfléchissant sur la position de M. de Humboldt, on sera moins étonné de voir que les résultats obtenus par différentes étoiles ne présentent pas toujours autant d'harmonie que nous en avons trouvé à l'île de Cucuruparu et en d'autres endroits. Fatigué par l'excessive chaleur du jour, enfermé pendant treize à quatorze heures du jour dans une pirogue étroite ou sous un toit de feuilles de palmiers (*toldo*), où il faut ou rester couché

ou exposé aux rayons directs du soleil, le voyageur se trouva épuisé de forces à l'entrée de la nuit. Les *mosquitos*, dont l'air humide est constamment rempli, augmentent en nombre au coucher du soleil. Il faut sans doute une patience peu commune pour bien caler l'horizon, et pour conserver, au milieu de ces tourmens, ce calme de l'esprit sans lequel, malgré une longue pratique dans l'art d'observer, on ne parvient pas à une grande exactitude.

Le 7 juin 1800, avant midi.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS de CHRONOMÈTRE.	VAIE HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
45° 29' 12"	9 ^h 48' 27"	22° 27' 10" $\frac{1}{2}$	7 ^h 25' 57",2	2 ^h 22' 49",2
45° 49' 22"	9 ^h 49' 11"	22° 57' 16" $\frac{1}{2}$	7 ^h 26' 20",9	22' 50",1
46° 29' 42"	9 ^h 50' 58"	22° 57' 28"	7 ^h 27' 48",8	22' 49",2
46° 45' 42"	9 ^h 51' 15"	23° 5' 28" $\frac{1}{2}$	7 ^h 28' 25",0	22' 50",0
47° 4' 22"	9 ^h 51' 58"	23° 14' 49"	7 ^h 29' 3",8	22' 54",2
48° 9' 22"	9 ^h 54' 16"	23° 47' 21" $\frac{1}{2}$	7 ^h 31' 25",4	22' 50",6

Terme moyen sans la cinquième observation, 2^h 22' 49",9

Equation du temps, + 1' 38",6

Avance sur le temps moyen, 2^h 24' 28",5

Détermination de longitude.

Longitude de *Uruana*, 4^h 38' 43",2 = 69° 40' 48".

BOCCA DEL RIO META,

Embouchure du grand fleuve qui traverse les déserts (Llanos) de Casanare.

La rive droite est souvent visitée par des Indiens sauvages. L'observation se fit sur le rocher de granit appelé *Piedra de la Pacienza* (Pierre de la Patience), parce que, dans le temps des grandes crues, les pirogues, en remontant, passent quelquefois presque une journée entière pour se dégager du tournant d'eau que cause ce rocher.

Détermination du temps.

Le 12 avril 1800, avant midi. Latitude supposée, $6^{\circ} 20'$ nord.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR VRAIE du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR VRAIE du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
$115^{\circ} 10' 27''$	$0^h 42' 5''$	$57^{\circ} 18' 52''$	$9^h 48' 26^s,1$	$2^h 55' 58^s,8$
$115^{\circ} 52' 7''$	$0^h 43' 50''$	$57^{\circ} 59' 42''$	$49' 50^s,4$	$59^s,6$
$116^{\circ} 14' 2''$	$0^h 44' 15''$	$57^{\circ} 50' 40''$	$50' 34^s,9$	$40^s,1$
$116^{\circ} 57' 2''$	$0^h 45' 43''$	$58^{\circ} 12' 10''$	$52' 1^s,9$	$41^s,1$
$117^{\circ} 29' 2''$	$0^h 46' 46''$	$58^{\circ} 28' 10''$	$55^s 6^s,7$	$39^s,3$
$117^{\circ} 50' 2''$	$0^h 47' 38''$	$58^{\circ} 38' 40''$	$55' 49^s,2$	$38^s,8$

Terme moyen, $2^h 55' 59^s,6 + 0,11224$

Équation du temps, — $45^s,3$

Avance sur le temps moyen, $2^h 52' 54^s,3$

Détermination de longitude.

Longitude de *Bocca del Rio Meta*, $4^h 40' 17^s,9 = 70^{\circ} 4' 29''$.

ISLA DE PANUMANA,

A deux milles au nord des *rapides* d'Atures, entre les embouchures des fleuves Endava et Araveni. Cette île, ornée de la végétation la plus majestueuse, a fourni à M. de Humboldt un grand nombre de plantes nouvelles, dont il a publié la description avec M. Bonpland. Latitude supposée, $5^{\circ} 41'$ nord.

Le 14 avril 1800, au soir. Ascension droite apparente de *Canopus*,

$9^h 52' 32^s,2$. Déclinaison australe apparente, $52^{\circ} 35' 37^s,4$.

Détermination du temps.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR du CANDÈLE.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VAIE HAUTEUR du CANDÈLE.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
45° 55' 12"	10 ^h 17' 2"	22° 55' 50" $\frac{1}{2}$	7 ^h 22' 47" $\frac{1}{2}$	2 ^h 52' 14" $\frac{9}{10}$
45° 30' 2"	10 ^h 18' 42"	22° 43' 4" $\frac{1}{2}$	7 ^h 26' 49" $\frac{0}{10}$	51' 59" $\frac{0}{10}$
44° 51' 22"	10 ^h 21' 42"	22° 23' 52" $\frac{1}{2}$	7 ^h 29' 50" $\frac{9}{10}$	51' 51" $\frac{1}{10}$
44° 15' 22"	10 ^h 24' 44"	22° 5' 50"	7 ^h 32' 59" $\frac{4}{10}$	52' 4" $\frac{6}{10}$

Avancé sur le temps moyen, 2^h 51' 58" $\frac{2}{10}$ + 2,13149
par les trois dernières observations.

Détermination de longitude.

Longitude de *Panumana*, 4^h 40' 34" $\frac{6}{10}$ = 70° 8' 39".

ATURES,

Village indien (Mission) sur la rive droite de l'Orénoque, entre les fleuves Araveni et Catoniapo, la grande cataracte septentrionale. Observatoire, près de l'église des moines de S. François.

1^{re}. Observation faite en remontant l'Orénoque pour passer au Rio Negro.

Détermination du temps.

Le 16 avril 1800. Hauteurs correspondantes du soleil.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		DOUBLE HAUTEUR du bord supérieur du soleil.	MISE du CHRONOMÈTRE.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
11 ^h 40' 41"	6 ^h 2' 19"	85° 42' 2"	2 ^h 51' 30" $\frac{0}{10}$
11 ^h 41' 55"	6 ^h 1' 07"	86° 17' 22"	51' 31" $\frac{0}{10}$
11 ^h 47' 2"	5 ^h 56' 3"	88° 47' 22"	51' 32" $\frac{5}{10}$
11 ^h 48' 11"	5 ^h 54' 48"	89° 22' 42"	51' 29" $\frac{5}{10}$

Terme moyen, 2^h 51' 30" $\frac{7}{10}$

Correction, + 1" $\frac{4}{10}$

Équation du temps, + 0' 17" $\frac{8}{10}$

Avance sur le temps moyen, 2^h 51' 49" $\frac{9}{10}$

Détermination de latitude.

Hauteurs de *Canopus*. Culmination à $7^h 36' 34''$, du chronomètre.
Déclinaison australe apparente; $52^\circ 35' 37''$.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR de CANOPUS.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de CANOPUS.	DISTANCE du MÉRIDIEN.	LATITUDE.
$52^\circ 8' 12''$	$9^h 40' 45''$	$26^\circ 2' 35''$	$+ 31^\circ 8' 21''$	$5^\circ 39' 43'' \frac{1}{2}$ bonne.
$51^\circ 46' 12''$	$9^h 42' 47''$	$25^\circ 51' 34'' \frac{1}{2}$	$31^\circ 58' 55''$	$59' 59''$
$50^\circ 45' 42''$	$9^h 48' 47''$	$25^\circ 21' 17''$	$33^\circ 9' 12''$	$57' 40'' \frac{1}{2}$ bonne.
$50^\circ 31' 47''$	$9^h 50' 5''$	$23^\circ 14' 19''$	$33^\circ 29' 0''$	$37' 21'' \frac{1}{2}$
$50^\circ 8' 22''$	$9^h 52' 3''$	$25^\circ 2' 35'' \frac{1}{2}$	$35^\circ 58' 21''$	$38' 16''$ bonne.
$49^\circ 51' 22''$	$9^h 53' 35''$	$24^\circ 54' 5''$	$34^\circ 21' 25''$	$38' 7''$

Terme moyen, $5^\circ 58' 51'' - 0,5902$
angle horaire.

Par les première, troisième et cinquième observations, $5^\circ 58' 54''$.

2°. Observation faite en redescendant l'*Orénoque* pour aller à *Cumana*.

Le 31 mai 1800.

Détermination de latitude.

Hauteur de α de la *Croix australe*. Culmination à $10^h 9' 16''$ du chronomètre. Déclinaison australe apparente, $61^\circ 49' 48''$.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR de α DE LA CROIX.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de α DE LA CROIX.	DISTANCE du MÉRIDIEN.	LATITUDE.
$44^\circ 19' 42''$	$10^h 59' 7''$	$22^\circ 8' 1''$	$+ 7^\circ 28' 56''$	$5^\circ 57' 30''$
$44^\circ 15' 52''$	$10^h 40' 53''$	$22^\circ 5' 55''$	$7^\circ 55' 31''$	$37^\circ 46'' \frac{1}{2}$
$44^\circ 10' 2''$	$10^h 43' 55''$	$22^\circ 3' 10'' \frac{1}{2}$	$8^\circ 36' 7''$	$37' 25''$

Terme moyen, $5^\circ 57' 54'' - 0,0734$
angle horaire.

Pour découvrir l'avance du chronomètre sur le temps moyen, on se sert

des observations faites à Maypure et de la différence connue des méridiens entre ce lieu et la cataracte d'Atures.

La latitude a donc été trouvée :

par l'observation du 15 avril . . .	5° 58' 54" nord.
du 31 mai . . .	5° 57' 34"
Terme moyen . . .	5° 58' 4"

Je donne cependant la préférence à l'observation du 31 mai, et je fixe la latitude d'Atures à 5° 37' 34". La différence des deux valeurs vient probablement de la détermination du temps, dont l'influence est beaucoup moindre sur la dernière observation que sur la première. Aussi, les divers résultats de l'observation du 31 mai s'accordent mieux entre eux que ceux de l'observation du 15 avril.

Détermination du temps.

Le 31 mars 1800, au soir. Hauteurs de α du *Centaure*. Ascension droite apparente, 216° 38' 28",0. Déclinaison australe apparente, 60° 0' 54",3.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR de α DU CENTAURE.	TEMPS de CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de α DU CENTAURE.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
43° 56' 25"	10 ^h 48' 11"	41° 56' 5"	8 ^h 18' 15",5	2 ^h 29' 55",7
44° 6' 42"	10 ^h 49' 47"	42° 1' 50"	8 ^h 20' 0",9	46",1
44° 15' 22"	10 ^h 50' 55"	42° 4' 51"	8 ^h 21' 6",9	48",1

Terme moyen, 2^h 29' 50",0—0,85432,

Ces hauteurs ont été prises trop près du méridien pour qu'on puisse les employer avec certitude pour la détermination du temps; par conséquent je me borne à l'observation du 16 avril.

Détermination de longitude.

Longitude de *Atures*, 4^h 41' 17",4 = 70° 19' 21".

MAYPURE,

La grande cataracte australe, Raudal de Maypure.

1^{re}. Observation faite en allant au Rio Negro.

Détermination du temps.

Le 20 avril 1800. Hauteurs correspondantes du soleil.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		HAUTEUR du nord supérieur DU SOLEIL.	MIDI ou CHRONOMÈTRE.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
0 ^h 59' 22"	5 ^h 0' 12"	11 ^h 48' 42"	2 ^h 49' 47",0
0 ^h 41' 6"	4 ^h 58' 16"	11 ^h 50' 32"	46",0
0 ^h 42' 29"	4 ^h 57' 6"	11 ^h 50' 12"	47",5
0 ^h 44' 4"	4 ^h 55' 50"	11 ^h 50' 52"	47",0
0 ^h 45' 4"	4 ^h 54' 54"	11 ^h 53' 2"	49",0

Terme moyen, 2^h 49' 47",3.

Correction, + 1",3.

Équation du temps, + 1' 12",9.

Avance sur le temps moyen, 2^h 51' 1",4.Au soir. Hauteurs de *Sirius*. Ascension droite apparente, 99° 4' 54" $\frac{1}{2}$.

Déclinaison australe apparente, 16° 27' 7",3.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR de <i>SIRIUS</i> .	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de <i>SIRIUS</i> .	TEMPS MOYEN.	AVANCE.
100° 6' 32"	9 ^h 47' 48"	50° 2' 58"	5 ^h 56' 42",2	2 ^h 50' 53",8
99° 21' 2"	9 ^h 49' 37"	49° 59' 53"	5 ^h 58' 43",3	53",7
98° 46' 2"	9 ^h 51' 2"	49° 22' 22" $\frac{1}{2}$	7 ^h 0' 6",9	55",1
97° 51' 52"	9 ^h 53' 10"	48° 55' 16"	7 ^h 2' 16",0	54",0
97° 9' 22"	9 ^h 54' 23"	48° 54' 1"	7 ^h 3' 56",8	56",2

Terme moyen, 2^h 50' 54",1.Moyens, Péri-
hauteur et Raudal.
M. de la Roche.

Détermination de latitude.

Le 20 avril 1800. Hauteurs de α de la grande Ourse (Dubhe).

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de DURE.	TEMPS de CHRONOMÈTRE.	VRAIE HAUTEUR de DURE.	DISTANCE de MÉRIDIEEN.	LATITUDE.
64° 45' 32"	11 ^h 56' 52"	32° 21' 46"	+ 2° 55' 15"	5° 13' 50"
64° 30' 22"	12 ^h 10' 33"	32° 14' 1 ^s $\frac{1}{2}$	5° 59' 35"	14' 23"

Terme moyen, 5° 15' 57"

Culmination de Dubhe, à 11^h 46' 38" $\frac{1}{2}$ du chronomètre. Déclinaison boréale apparente, 62° 49' 55", 1.

Le manuscrit indique cette observation comme bonne.

Hauteurs de α de la Croix australe.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de α DE LA CROIX.	TEMPS de CHRONOMÈTRE.	VRAIE HAUTEUR de α DE LA CROIX.	DISTANCE de MÉRIDIEEN.	LATITUDE.
45° 39' 22"	1 ^h 11' 43"	22° 47' 55"	- 0° 45' 50"	5° 12' 5"
48° 24' 32"	1 ^h 35' 18"	22° 40' 39"	+ 5° '3' 45"	19' 44"
45° 15' 2"	1 ^h 59' 30"	22° 35' 44"	+ 6° 6' 55"	14' 33"

Terme moyen, 5° 13' 7"

Les manuscrits ne prononcent point sur la bonté de cette observation. Le terme moyen entre les deux observations donne, pour la latitude de Maypure, 5° 13' 32".

2.^o Observations faites en revenant du Rio Negro.

Détermination du temps.

Le 30 mai 1800. Hauteurs du soleil.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VRAIE HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
98° 45' 27"	11 ^h 45' 49"	49° 6' 11"	9 ^h 25' 53",8	2 ^h 29' 26",2
99° 5' 52"	11 ^h 55' 36"	49° 16' 24"	9 ^h 26' 9",2	26",8
99° 29' 42"	11 ^h 56' 29"	49° 28' 19"	9 ^h 27' 3",3	25",7
99° 51' 52"	11 ^h 57' 18"	49° 39' 25"	9 ^h 27' 53",6	24",4
100° 14' 52"	11 ^h 58' 7"	49° 50' 55"	9 ^h 28' 46",0	21",0

Terme moyen sans la 5.^e observation, 2^h 29' 25",8

Équation du temps, + 2' 53",9

Avance sur le temps moyen, 2^h 32' 19",7

Détermination de longitude.

Longitude de Maypure, 4^h 42' 30",2 = 70° 37' 33".

PIEDRA RATON,

Ile de l'Orénoque, au sud du Raudal de Maypure, un peu au-dessous de l'embouchure du Rio Sipapo.

Détermination de latitude.

Le 21 avril 1800. Hauteurs de α de la grande Ourse (Dubhe).

Culmination, 11^h 42' 11" $\frac{1}{2}$ du chronomètre. Déclinaison boréale apparente, 62° 49' 55",1.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR du DUBHE.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VRAIE HAUTEUR du DUBHE.	DISTANCE du MÉRIDIEN.	LATITUDE.
63° 53' 52"	13 ^h 11' 8"	31° 58' 46"	+ 7° 15' 35"	5° 3' 19"
63° 54' 52"	13 ^h 14' 34"	31° 56' 16"	8° 7' 24"	4' 37"

Terme moyen, 5° 5' 58" nord.

Astronomie:

Hauteurs de β de la grande Ourse. Culmination, $11^h 30' 35''$. Déclinaison boréale apparente, $57^\circ 27' 20'',5$.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR de β DE LA GRANDE OURSE.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VRAIE HAUTEUR de β DE LA GRANDE OURSE.	DISTANCE de MÉRIDIE.	LATITUDE.
$74^\circ 13' 52''$	$12^h 18' 23''$	$57^\circ 5' 56''$	$+ 9^\circ 56' 47''$	$5^\circ 5' 49''$
$74^\circ 1' 32''$	$12^h 21' 36''$	$36^\circ 59' 46''$	$10^\circ 16' 56''$	$4' 19''$

Termes moyen, $5^\circ 5' 4''$ nord.

Latitude de *Piedra Raton*, déduite de deux observations faites

sous des circonstances défavorables. $5^\circ 4' 31''$ nord.

Détermination du temps.

Hauteurs d'*Arcturus*, le 21 avril au soir. Ascension droite apparente, $211^\circ 37' 30''$. Déclinaison boréale apparente, $20^\circ 13' 33'',1$.

OBSERVATIONS.		TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		
HAUTEUR d'ARCTURUS.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VRAIE HAUTEUR d'ARCTURUS.	TEMPS MOYEN.	AVANCE.
$100^\circ 9' 22''$	$12^h 25' 12''$	$50^\circ 4' 3''$	$9^h 34' 52'',7$	$2^h 50' 17'',3$
$100^\circ 42' 22''$	$12^h 26' 23''$	$50^\circ 20' 33'',1$	$9^h 36' 5'',8$	$17'',2$
$101^\circ 29' 32''$	$12^h 28' 11''$	$50^\circ 44' 9'',1$	$9^h 37' 51'',3$	$19'',7$
$102^\circ 16' 22''$	$12^h 29' 54''$	$51^\circ 7' 4''$	$9^h 39' 33'',6$	$20'',4$

Avance sur le temps moyen, $2^h 50' 18'',7$

Dans ces observations de *Piedra Raton*, la surface de la rivière servit d'horizon artificiel, la piqure des *mosquitos* empêchant de caler l'horizon de Caroches.

Détermination de longitude.

Longitude de *Piedra Raton*, $4^h 42' 27'',4 = 70^\circ 36' 51''$.

B. RIVIÈRES DE TUAMINI, TEMI ET GUAINIA (OU LA RIVIÈRE NOIRE,
RIO NEGRO.)

SAN FERNANDO DE ATABAPO,

Village indien (Mission) au rivage oriental de l'Atabapo, vis-à-vis l'embouchure du Guaviare, siège du président des Missions de Saint-François del Alto Orinoco.

Détermination de latitude.

Le 25 avril 1809.

M. de Humboldt observa la double hauteur de α de la Croix australe, entre des nuages, de $47^{\circ} 5' 32''$ à $1^h 27' 55''$ du chronomètre. Culmination, $12^h 48' 13''.5$ du chronomètre. Déclinaison australe apparente, $61^{\circ} 59' 41''.8$. Vraie hauteur, $22^{\circ} 31' 5''$. Distance du méridien, $+9^{\circ} 57' 0''$. Par conséquent, latitude de San Fernando, $4^{\circ} 2' 48''$.

Le temps ne fut pas plus favorable à une autre observation de la double hauteur de α du Centaure, à $1^h 44' 48''$ du chronomètre. Cette double hauteur fut de $47^{\circ} 49' 12''$. Je soupçonne qu'il y a de l'erreur dans l'indication de l'angle. Peut-être faut-il lire dans le journal, au lieu de 47 degrés, $48^{\circ} 49' 12''$.

1.° Observations faites en allant au Rio Negro.

Détermination du temps.

Le 26 avril 1800, avant midi.

OBSERVATIONS.		TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		
DOUBLE HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR VRAIE du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
$95^{\circ} 17' 42''$	$11^h 56' 54''$	$47^{\circ} 22' 22''$	$9^h 11' 30''.0$	$2^h 45' 24''.0$
$95^{\circ} 42' 47''$	$11^h 57' 44''$	$47^{\circ} 34' 54''.1$	$12' 22''.0$	$22''.0$
$95^{\circ} 57' 22''$	$11^h 58' 15''$	$47^{\circ} 42' 12''.8$	$12' 52''.0$	$22''.9$
$96^{\circ} 19' 2''$	$11^h 59' 2''$	$47^{\circ} 53' 2''.1$	$13' 37''.8$	$24''.9$
$98^{\circ} 54' 12''$	$0^h 4' 25''$	$49^{\circ} 10' 38''.1$	$19' 1''.3$	$23''.7$
$99^{\circ} 29' 52''$	$0^h 5' 39''$	$49^{\circ} 28' 19''$	$20' 15''.1$	$23''.0$

Terme moyen, $2^h 45' 25''.3 + 0,26329$

Équation du temps, $+ 2' 21''.0$

Avance sur le temps moyen, $2^h 47' 44''.3$

2.^e Observations faites en revenant du Rio Negro.

Détermination du temps.

Le 27 mai 1800, après midi.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR VRAIE du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
55° 10' 57"	6 ^h 38' 49"	27° 18' 22"	4 ^h 8' 51",6	2 ^h 29' 57",4
54° 46' 52"	6 ^h 39' 42"	27° 6' 19"	4 ^h 9' 46",6	55",4
54° 23' 12"	6 ^h 40' 30"	26° 54' 29"	4 ^h 10' 37",7	52",3
53° 42' 42"	6 ^h 42' 0"	26° 34' 59"	4 ^h 12' 2",2	57",8
53° 23' 57"	6 ^h 42' 39"	26° 25' 50"	4 ^h 12' 41",7	57",3

Terme moyen, 2^h 29' 57",0—0,40428

Équation du temps, + 5' 14",1

Avance sur le temps moyen, 2^h 33' 11",1

La latitude de *San Fernando* a été supposée de 4° 2' 48". Mais comme il se pourroit qu'elle ne fût pas déterminée avec assez d'exactitude, j'ai préféré de marquer l'influence de cette incertitude sur l'angle horaire.

Détermination de longitude.

Longitude de *San Fernando de Atabapo*, 4^h 42' 3",1=70° 30' 46".

CONUCO DE GUAPASOSO,

Petit terrain cultivé, habité par des Indiens, au nord du village *San Balthazar*, sur la rive orientale de l'*Atabapo*.

Détermination de latitude:

Le 26 avril 1800. Hauteurs de α de la Croix australe, près de son passage par le méridien.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR de <i>a</i> de la Croix australe	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de <i>a</i> de la Croix australe.	DIFFÉRENCE de HAUTEUR.	HAUTEUR de MÉRIDIE.
48° 15' 42"	12 ^h 36' 55"	24° 5' 10"	+ 1' 25",0	24° 6' 25"
48° 15' 7"	12 ^h 39' 8"	24° 5' 55"	0' 36",0	29"
48° 15' 22"	12 ^h 40' 58"	24° 6' 0"	0' 17",5	18"
48° 15' 52"	12 ^h 43' 54"	24° 6' 15"	0' 1",7	17"
48° 16' 12"	12 ^h 49' 15"	24° 6' 25"	0' 16",5	42"
48° 14' 7"	12 ^h 52' 30"	24° 5' 25"	0' 48",5	11"

Termes moyen, 24° 6' 25",5

Déclinaison australe, 61° 59' 41",8

Hauteur de l'équateur, 86° 6' 5",3

Latitude de Guapasoso, 5° 55' 55" nord.

La rivière sert d'horizon pour cette observation, qui cependant est d'une grande exactitude.

LA DIVINA PASTORA DE SAN BALTHASAR DE ATABAPO,

Village de Mission, sur la rive droite de l'Atabapo, en face de l'embouchure du Rio Guasacami.

Détermination de latitude.

Le 29 avril 1800. Hauteurs de *a* de la Croix australe. Culmination à 12^h 29' 25" ; du chronomètre.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR de <i>a</i> DE LA CROIX.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de <i>a</i> DE LA CROIX.	DISTANCE de MÉRIDIE.	LATITUDE.
48° 59' 42"	1 ^h 2' 51"	24° 28' 12"	+ 8° 17' 40"	3° 13' 29"
48° 53' 32"	1 ^h 4' 15"	24° 25' 7"	8° 43' 15"	14' 27"
48° 39' 52"	1 ^h 9' 40"	24° 18' 15"	10° 5' 15"	14' 35"

Termes moyen, 3° 14' 1"

Déclinaison australe apparente, 61° 59' 46".

Hauteurs de β du *Centaure* :

Culmination, à $2^h 3^m 33^s$ du chronomètre. Déclinaison australe apparente, $59^{\circ} 24' 6''$.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de β DU CENTAURE.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VAIE HAUTEUR de β DU CENTAURE.	DISTANCE du MÉRIDIEN.	LATITUDE.
$53^{\circ} 14' 22''$	$1^h 14' 47''$	$26^{\circ} 35' 42''$	$-12^{\circ} 13' 27''$	$3^{\circ} 15' 45''$
$53^{\circ} 21' 22''$	$1^h 16' 57''$	$26^{\circ} 69' 12''$	$-11^{\circ} 40' 51''$	$16' 5''$
$54^{\circ} 44' 27''$	$2^h 9' 43''$	$27^{\circ} 20' 47''$	$+ 1^{\circ} 32' 51''$	$14' 34''$
$54^{\circ} 42' 52''$	$2^h 11' 44''$	$27^{\circ} 20' 0''$	$+ 2^{\circ} 3' 9''$	$14' 41''$
$54^{\circ} 37' 27''$	$2^h 16' 59''$	$27^{\circ} 17' 17''$	$+ 3^{\circ} 22' 6''$	$15' 12''$
$54^{\circ} 10' 7''$	$2^h 33' 49''$	$27^{\circ} 5' 36''$	$+ 7^{\circ} 35' 16''$	$15' 5''$

Terme moyen, $3^{\circ} 15' 14''$ nord.

Sans les 1.^{re} et 2.^{re} observations, $3^{\circ} 14' 53''$.

Hauteurs de α du *Centaure* :

Culmination, à $2^h 40' 2''$ du chronomètre. Déclinaison australe apparente, $60^{\circ} 0' 49''$.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de α DU CENTAURE.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VAIE HAUTEUR de α DU CENTAURE.	DISTANCE du MÉRIDIEN.	LATITUDE.
$53^{\circ} 17' 12''$	$2^h 20' 28''$	$26^{\circ} 37' 7''$	$- 2^{\circ} 52' 26''$	$3^{\circ} 15' 0''$
$53^{\circ} 22' 52''$	$2^h 22' 39''$	$26^{\circ} 39' 58''$	$4^{\circ} 21' 34''$	$13' 38''$
$53^{\circ} 28' 32''$	$2^h 27' 35''$	$26^{\circ} 42' 48''$	$3^{\circ} 7' 23''$	$13' 51''$
$53^{\circ} 29' 42''$	$2^h 31' 16''$	$26^{\circ} 43' 23''$	$2^{\circ} 12' 0''$	$14' 16''$
$53^{\circ} 32' 22''$	$2^h 35' 28''$	$26^{\circ} 44' 45''$	$1^{\circ} 8' 49''$	$14' 2''$

Terme moyen, $3^{\circ} 14' 5''$ nord.

Voici les données pour la *latitude de San Balthasar*:

Par l'observation de α de la Croix. . .	$3^{\circ} 14' 11''$	médiocrement bonne.
β du Centaure. . .	$3^{\circ} 14' 53''$	
α du Centaure. . .	$3^{\circ} 14' 5''$	
En terme moyen.	$3^{\circ} 14' 23''$	nord.

OBSERVATIONS DU MANUSCRIT.

Détermination du temps.

Le 29 avril, après midi.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR VRAIE du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
$55^{\circ} 11' 52''$	$6^h 56' 48''$	$26^{\circ} 18' 31''$	$4^h 14' 54''$	$2^h 42' 13''$
$52^{\circ} 55' 12''$	$6^h 58' 9''$	$25^{\circ} 59' 20''$	$15' 55''$	$15''$
$52^{\circ} 8' 42''$	$6^h 58' 59''$	$25^{\circ} 47' 42''$	$16' 44''$	$14''$
$51^{\circ} 56' 52''$	$7^h 0' 8''$	$25^{\circ} 50' 58''$	$17' 51''$	$16''$
$51^{\circ} 9' 12''$	$7^h 1' 3''$	$25^{\circ} 17' 17''$	$18' 48''$	$15''$
$50^{\circ} 49' 52''$	$7^h 1' 41''$	$25^{\circ} 7' 26''$	$19' 28''$	$15''$
$50^{\circ} 18' 42''$	$7^h 2' 46''$	$24^{\circ} 52' 0''$	$20' 32''$	$13''$

Termes moyen, $2^h 42' 14''$

Équation du temps, + $2' 51''$

Avance sur le temps moyen, $2^h 45' 6''$

Détermination de longitude.

Longitude de *San Balthasar*, $4^h 40' 57''$, $4 = 70^{\circ} 14' 21''$.

JAVITA,

Village indien, au milieu d'un bois épais, sur la rive gauche du *Rio Tuamini*. Les canots furent portés de Javita au caño *Pimichin*, à travers la forêt, pour passer de l'Orénoque au *Rio Negro* sans descendre le Cassiquiare.

Détermination du temps.

Le 4 mai, après midi. Hauteurs du soleil. Latitude supposée, 2° 48' nord.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS de CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR VRAIE du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
20° 55' 22"	8 ^h 0' 55"	10° 6' 49"	4 ^h 21' 8",0	2 ^h 59' 47",0
19° 56' 2"	8 ^h 2' 59"	9° 37' 56"	25' 8",3	50",7
18° 57' 2"	8 ^h 5' 1"	9° 8' 11"	25' 12",0	49",0
18° 20' 12"	8 ^h 6' 18"	8° 49' 37"	26' 29",3	48",7
17° 7' 22"	8 ^h 8' 50"	8° 12' 53"	29' 2",4	47",6
16° 19' 12"	8 ^h 10' 51"	7° 48' 36"	50' 42",2	48",8

Termes moyen, 2^h 59' 48",6—0,21629

Équation du temps, + 5' 28",4

Avance sur le temps moyen, 2^h 43' 17",0

Détermination de longitude.

Longitude de Javita, 4^h 41' 28",6=70° 22' 8".

FUERTE DE SAN CARLOS DEL RIO NEGRO,

Sur la rive gauche du *Guainia*, que les Espagnols et les Portugais nomment *Rio Negro*, près des frontières du Brésil; c'est la mission la plus méridionale des Espagnols dans la Guyane. La frontière portugaise passe près de l'île *San José*, à peu de distance de la *Cueva de Cocuy*. Plus au sud, le pays appartient à la *Capitania general del Gran Pará*.

Détermination de latitude.

« Les pluies continuelles que nous eûmes à *San Carlos* (dit M. de Hamboldt) ne me laissèrent prendre qu'une couple de hauteurs du soleil pour fixer la longitude. La nuit, aucune étoile ne fut visible. « Mais une bonne observation que j'obtins sur le rocher de *Culimacari*, « combinée avec des angles que je pris à l'aide de la boussole, m'ap-

« prirent qu'il y a une différence de 7' en latitude entre San Carlos et
« Culimarari. »

Je fixe, comme je le développerai dans la suite, la latitude de la *Piedra
Culimarari* à 2° 0' 42" nord; par conséquent, *San Carlos*, 1° 53' 42". Par
une opération plus compliquée, M. de Humboldt trouve lui-même 1° 54'.

« L'observation (dit-il) que je fis à San Balthasar, combinée avec le tracé
« du cours des rivières Temi, Pimichin et Guainia, donne environ la même
« latitude que l'observation à *Piedra Culimarari*. *San Balthasar* est situé
« par la latitude de 3° 15' (3° 14' 11"). De là jusqu'à Javita, la différence
« de latitude est, tout au plus, de 26'; ainsi, Javita sera de 2° 49'
« (2° 48' 11"). Javita est situé depuis San Carlos nord 60° ouest. La Boca
« de Pimichin se trouve par la latitude de 2° 35' (2° 34' 11"). De cette
« embouchure du Pimichin dans le Guainia, il y a, jusqu'à San Carlos,
« dix-huit lieues (leguas); San Carlos est encore de treize lieues plus au
« sud; par conséquent sa latitude est de 1° 55' (1° 54' 11"). »

Cette position est fondée sur des combinaisons trop compliquées pour que
je ne donne pas la préférence à celle que j'ai indiquée plus haut. Les nombres
en parenthèses se rapportent à la détermination à laquelle je crois devoir
m'arrêter pour San Balthasar.

Détermination du temps.

Le 8 mai 1800.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS de CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
82° 24' 42"	5h 46' 9"	40° 55' 45"	3h 9' 54",7	2h 36' 14",3
81° 59' 52"	5h 46' 58"	40° 45' 20"	3h 10' 48",1	9",9
81° 41' 52"	5h 47' 54"	40° 54' 20"	3h 11' 26",7	7",3
81° 26' 22"	5h 48' 10"	40° 26' 54"	3h 11' 59",9	10",1
80° 55' 52"	5h 49' 59"	40° 1' 19"	3h 15' 48",5	10",5

Terme moyen, 2h 36' 10",4
Équation du temps, + 3' 43",6

Avance sur le temps moyen, 2h 59' 54",0

Astronomie.

30

Détermination de longitude.

Longitude de *San Carlos del Rio Negro*, $4^h 39' 54^s,6 = 69^{\circ} 58' 39''$.

San Carlos fut cette fois-ci le point le plus austral du voyage de M. de Humboldt. Voici le tableau des positions que jusqu'ici on a assignées dans les cartes à cette forteresse qui, située sur les frontières du Brésil, est d'une grande importance pour la géographie de ces contrées incultes :

	LONGITUDE.	LATITUDE.
<i>D'Anville</i> , 1748.	68° 28'	0° 32' sud.
<i>La Cruz Olmedilla</i> , 1775. . .	67° 35'	0° 55' nord.
<i>Surville</i> , 1787.	67° 30'	0° 53' nord.
<i>Gily</i> , <i>saggio di Storia Americana</i> , 1780.	65° 6'	1° 0' sud.
<i>Buache</i> , carte de la Guyane, 1805.	67° 52'	0° 52' nord.

On pourroit être étonné de voir que, sur la seule carte que M. Poirson a dressée en 1805 pour le voyage de M. de Pons à la Terre-Ferme, *San Carlos* se trouve indiqué par $1^{\circ} 52'$ de latitude nord. Mais il ne faut point oublier que M. de Humboldt, dans une lettre adressée à M. Fourcroy, et publiée dans plusieurs journaux en 1801, avoit déjà fixé, d'après ses propres calculs, les positions de Maypures, d'Atures et de *San Carlos*. Aussi, M. Biot, dans un mémoire sur les variations du magnétisme terrestre, lu à l'Institut national, le 16 janvier 1805, et imprimé à la même époque, publia la vraie latitude de *San Carlos* telle que notre voyageur la lui avoit communiquée. M. Poirson, en réunissant les matériaux qui devoient lui servir pour sa carte de Caracas, a probablement fait usage de ces déterminations. Quant à la longitude, M. Poirson la donne fautive à deux degrés. Il place *San Carlos* sur sa carte par $67^{\circ} 52' 30''$ au lieu de $69^{\circ} 57' 4''$.

C. *Rio Cassiquiare.*

Le bras de l'Orénoque qui se réunit au Rio Negro, et par lequel les eaux du premier communiquent avec celles de la rivière des Amazones.

PIEDRA DE CULIMACARI,

Pointe de rocher dans le *Rio Cassiquiare*, en face du *Guanari*, monticule de forme grotesque, ressemblant à un château ruiné, 4' au nord de l'embouchure du *Rio Pacimony*, à peu près dans le parallèle du village de *San Francisco Solano*.

Détermination de latitude.

Le 11 mai 1800. Hauteurs de α de la Croix australe.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR de α DE LA CROIX.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de α DE LA CROIX.	DIFFÉRENCE en MÉRIDIEN.	HAUTEUR en MÉRIDIEN.
52° 0' 7"	11 ^h 26' 47"	25° 58' 32"	+ 0' 57",0	25° 59' 29"
52° 1' 22"	11 ^h 29' 5"	25° 59' 10"	0' 29",8	59' 40"
52° 1' 52"	11 ^h 36' 55"	25° 59' 25"	0' 3",0	59' 28"
52° 0' 12"	11 ^h 45' 28"	25° 58' 35"	0' 58",4	59' 32"

Terme moyen, 25° 59' 32",8
Déclinaison australe de α , 61° 59' 45",3

Hauteur de l'équateur, 87° 59' 18"

Culmination, 11^h 34' 5" du chronomètre.

Latitude, 2° 0' 42" nord.

Le manuscrit indique que cette observation a été très-bonne.

Détermination du temps.

Le 11 mai 1800. Hauteurs de β du Centaure.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de β DU CENTAURE.	TEMPS de CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de β DU CENTAURE.	TEMPS MOYEN.	AVANCE.
51° 30' 32"	11 ^h 35' 40"	25° 48' 49"	8 ^h 56' 39",4	2 ^h 37' 0",6
51° 51' 52"	11 ^h 35' 24"	25° 54' 25"	5 ^h 58' 14",2	9",4
52° 56' 2"	11 ^h 45' 28"	26° 26' 32"	9 ^h 8' 19",6	8",4

Avance sur le temps moyen, 2^h 37' 6",5—4,57025.Le 11 mai 1800. Hauteur de α du Centaure.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de α DU CENTAURE.	TEMPS de CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de α DU CENTAURE.	TEMPS MOYEN.	AVANCE.
46° 51' 27"	11 ^h 40' 4"	23° 24' 0"	9 ^h 3' 43",1	2 ^h 36' 19",9
47° 1' 12"	11 ^h 41' 35"	23° 28' 53"	4' 53",5	41",5
47° 55' 7"	11 ^h 47' 34"	23° 55' 52"	11' 27",8	6",2

Avance sur le temps moyen, 2^h 36' 22",5—3,50927.Ascension droite apparente de β du Centaure, 207° 28' 26",7.

Déclinaison australe apparente, 59° 24' 10",0.

Ascension droite apparente de α du Centaure, 216° 38' 28",7.

Déclinaison australe apparente, 60° 25' 52",8.

Détermination de longitude.

L'incertitude qui se trouve dans la détermination du temps ne permet pas de fixer bien sûrement la longitude de *Piedra de Culimacari*; je la trouve de 4^h 38' 15",3 = 69° 33' 50". Il paroît que quelque erreur s'est glissée dans cette partie du manuscrit de M. de Humboldt.

MANDAVACA,

Village indien sur la rive gauche du Cassiquiare, au sud de l'embouchure du *Rio Siapa*. Il y a une cataracte (*raudal*) très-considérable près de Maudavaca.

Détermination de latitude.

Le 12 mai 1800. Hauteurs de α de la *Croix australe*. Culmination, à $11^h 29' 2''$ du chronomètre. Déclinaison australe apparente, $61^{\circ} 59' 45''{,}3$.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de α de la Croix australe	TEMPS de CHRONOMÈTRE.	VRAIE HAUTEUR de α de la Croix australe.	DISTANCE de MÉRIDIEEN.	LATITUDE.
$51^{\circ} 45' 52''$	$11^h 45' 25''$	$25^{\circ} 51' 24''{\frac{1}{2}}$	$+ 4^{\circ} 6' 25''$	$2^{\circ} 4' 51''$
$51^{\circ} 44' 52''$	$11^h 48' 50''$	$25^{\circ} 50' 54''{\frac{1}{2}}$	$4^{\circ} 52' 48''$	$2' 22''{\frac{1}{2}}$
$51^{\circ} 39' 12''$	$11^h 50' 38''$	$25^{\circ} 48' 4''$	$5^{\circ} 24' 54''$	$4' 12''$
$51^{\circ} 54' 22''$	$11^h 54' 18''$	$25^{\circ} 45' 59''$	$6^{\circ} 20' 3''$	$3' 37''$

Terme moyen, $2^{\circ} 3' 40''{\frac{1}{2}}$

Sans la seconde observation, $2^{\circ} 4' 7''$

Détermination du temps.

Le 12 mai 1800, après midi.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de bord inférieur DU SOLEIL.	TEMPS de CHRONOMÈTRE.	VRAIE HAUTEUR de SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
$21^{\circ} 31' 19''$	$7^h 42' 9''$	$12^{\circ} 28' 8''{\frac{1}{2}}$	$5^h 10' 11''{,}8$	$2^h 31' 57''{,}2$
$25^{\circ} 58' 22''$	$7^h 43' 18''$	$12^{\circ} 11' 39''$	$5^h 11' 21''{,}4$	$56''{,}6$
$25^{\circ} 28' 57''$	$7^h 44' 23''$	$11^{\circ} 56' 40''{\frac{1}{2}}$	$5^h 12' 24''{,}5$	$58''{,}5$
$22^{\circ} 50' 47''$	$7^h 45' 39''$	$11^{\circ} 37' 28''{\frac{1}{2}}$	$5^h 13' 44''{,}8$	$54''{,}2$
$22^{\circ} 23' 22''$	$7^h 46' 41''$	$11^{\circ} 23' 51''$	$5^h 14' 42''{,}8$	$58''{,}2$

Terme moyen, sans la troisième observation, $2^h 31' 56''{,}9$

Équation du temps, $+ 3' 58''{,}1$

Avance sur le temps moyen, $2^h 35' 55''{,}0$

Détermination de longitude.

Longitude de Mandavaca, $4^h 37' 49''{,}7 = 69^{\circ} 27' 26''$.

D. L'ORINOCO, DEPUIS SA SOURCE JUSQU'À L'EMBROUÈRE DU GUAYIARE.

ESMERALDA,

Village indien, au pied du *Cerro Druida*, entre les ruisseaux Sodomoni et Guapo; la Mission la plus orientale de l'*Alto Orinoco*, peut-être l'endroit du monde où l'air est rempli le plus d'insectes à aiguillon venimeux (*mosquitos* et *sancudos*).

Détermination de latitude.

Le 22 mai 1800. Culmination de α de la Croix, $10^h 41' 1''$, 5. Déclinaison australe apparente, $61^{\circ} 59' 48''$, 2.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR de α DE LA CROIX.	TEMPS de CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de α DE LA CROIX.	DISTANCE de MÉRIDIEN.	LATITUDE.
$48^{\circ} 58' 42''$	$11^h 16' 49''$	$24^{\circ} 27' 42''$	$+ 8^{\circ} 58' 28''$	$3^{\circ} 10' 54''$
$48^{\circ} 53' 22''$	$11^h 18' 55''$	$24^{\circ} 25' 2''$	$9^{\circ} 39' 54''$	$11' 2''$
$48^{\circ} 43' 42''$	$11^h 22' 57''$	$14^{\circ} 20' 13''$	$10^{\circ} 30' 35''$	$11' 28''$

Terme moyen, $3^{\circ} 11' 8''$

Le 22 mai 1800. Hauteurs de β du Centaure. Culmination, $12^h 15' 0''$, 5.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR de β DU CENTAURE.	TEMPS de CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de β DU CENTAURE.	DISTANCE de MÉRIDIEN.	LATITUDE.
$54^{\circ} 59' 52''$	$12^h 53' 38''$	$27^{\circ} 18' 50''$	$+ 4^{\circ} 20' 6''$	$3^{\circ} 10' 41''$
$54^{\circ} 57' 52''$	$12^h 55' 14''$	$27^{\circ} 17' 50''$	$5^{\circ} 4' 11''$	$10' 48''$
$54^{\circ} 25' 32''$	$12^h 41' 40''$	$27^{\circ} 11' 19''$	$- 6^{\circ} 40' 54''$	$11' 8''$
$54^{\circ} 22' 52''$	$12^h 43' 15''$	$27^{\circ} 9' 59''$	$7^{\circ} 4' 45''$	$10' 36''$
$54^{\circ} 17' 47''$	$12^h 45' 20''$	$27^{\circ} 7' 27''$	$7^{\circ} 36' 5''$	$11' 9''$

Terme moyen, $3^h 10' 52''$ nord.

Déclinaison australe apparente, $59^{\circ} 24' 12''$, 8.

La première observation est déclarée *bonne*; la seconde *très-bonne*. Elles donneraient, pour la latitude, $3^{\circ} 11' 0''$.

Détermination du temps.

Le 22 mai 1800, avant midi. Hauteurs du soleil.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
119° 48' 32"	0 ^h 40' 45"	59° 58' 0"	10 ^h 17' 30",2	2 ^h 25' 24",2
120° 10' 52"	0 ^h 41' 40"	59° 49' 5"	10 ^h 18' 15",4	25' 24",6
120° 51' 42"	0 ^h 42' 54"	59° 59' 40",2	10 ^h 19' 9",2	25' 24",8
120° 43' 7"	0 ^h 43' 14"	60° 7' 53"	10 ^h 19' 50",3	25' 25",7
121° 17' 27"	0 ^h 44' 27"	60° 22' 55"	10 ^h 21' 4",5	25' 22",7
121° 35' 52"	0 ^h 45' 14"	60° 51' 46"	10 ^h 21' 50",9	25' 25",1

Terme moyen, 2^h 25' 25",9

Équation du temps, — 3' 45",8

Avance sur le temps moyen, 2^h 27' 7",7

Détermination de longitude.

Longitude de l'Esmeralda, 4^h 33' 33",3 = 68° 23' 19".

SANTA BARBARA DEL ALTO ORINOCO,

Village indien sur la rive gauche de l'Orénoque, vis-à-vis de l'embouchure du Rio Ventuario, à quelques minutes au nord de San Fernando de Atabapo.

Détermination du temps.

Le 26 mai 1800, avant midi. Latitude supposée, 4° 8' nord.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
104° 41' 7"	0 ^h 8' 49"	52° 4' 16"	9 ^h 40' 20",4	2 ^h 28' 28",6
105° 9' 12"	0 ^h 9' 57"	52° 18' 19"	9 ^h 41' 25",1	51",9
105° 23' 12"	0 ^h 10' 50"	52° 25' 19",2	9 ^h 41' 57",3	52",5
105° 54' 22"	0 ^h 11' 43"	52° 40' 55"	9 ^h 43' 9",7	53",3
106° 35' 22"	0 ^h 13' 14"	53° 0' 25"	9 ^h 44' 40",1	53",8

Terme moyen, 2^h 28' 52",0 + 0,57820

Équation du temps, — 3' 22",8

Avance sur le temps moyen, 2^h 51' 54",8

Détermination de longitude.

Longitude de *Santa Barbara del Alto Orinoco*, $4^h 40^m 11^s,3 = 70^{\circ} 2' 49''$.

E. L'ORINOCO, DEPUIS L'EMBOUCHURE DE L'APURE JUSQU'A S. TOMAS DE LA GUAYANA.

SAN RAFAEL DEL CAPUCINO,

Métairie sur la rive droite de l'Orinoco, un peu au-dessous de l'embouchure du *Rio Apure*, vis-à-vis l'embouchure du *Rio Guarico*.

Détermination de latitude.

Le 8 juin 1800, au soir. Hautcurs de α du *Centaure*. Culmination, à $11^h 39' 10''$ du chronomètre.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de α DU CENTAURE.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de α DU CENTAURE.	DISTANCE du MÉRIDIEN.	LATITUDE.
44° 33' 32"	11 ^h 20' 12"	22° 14' 56"	-4° 43' 46"	7° 37' 47"
44° 35' 12"	11 ^h 12' 32"	22° 15' 47"	-4° 25' 13"	57' 44"
44° 37' 27"	11 ^h 25' 25"	22° 16' 54"	-3° 56' 54"	37' 44"
44° 40' 12"	11 ^h 24' 55"	22° 18' 17"	-3° 54' 39"	57' 6"
44° 42' 32"	11 ^h 26' 17"	22° 19' 27"	-3° 13' 46"	56' 57"
44° 45' 12"	11 ^h 32' 20"	22° 20' 47"	-1° 42' 47"	37' 25"
44° 45' 17"	11 ^h 34' 30"	22° 20' 50"	-1° 10' 11"	57' 46"
44° 45' 22"	11 ^h 35' 33"	22° 20' 52"	-0° 54' 34"	57' 53"
44° 45' 17"	11 ^h 37' 7"	22° 20' 50"	-0° 50' 49"	58' 5"
44° 46' 22"	11 ^h 39' 42"	22° 21' 22"	+0° 8' 0"	57' 37"
44° 45' 52"	11 ^h 42' 48"	22° 21' 7"	+0° 54' 58"	57' 58"
44° 44' 32"	11 ^h 44' 47"	22° 20' 27"	+1° 24' 29"	58' 1"
44° 44' 12"	11 ^h 46' 31"	22° 20' 17"	+1° 50' 33"	57' 58"

bonnes.

bonnes.

Terme moyen, $7^{\circ} 37' 37''$: nord.

Sans la quatrième et cinquième observation, $7^{\circ} 37' 45''$

Déclinaison australe apparente, $60^{\circ} 1' 0'',0$.

Détermination du temps.

Le 8 juin 1800, après midi.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
10° 54' 22"	7 ^h 53' 10"	9 ^h 6' 56"	5 ^h 55' 8",8	2 ^h 20' 4",6
18° 21' 22"	7 ^h 54' 22"	8 ^h 50' 18"	5 ^h 40' 20",9	20' 1",1
18° 1' 2"	7 ^h 55' 6"	8 ^h 40' 5"	5 ^h 5' 5",6	20' 0",4
17° 20' 57"	7 ^h 56' 28"	8 ^h 19' 39",8	5 ^h 34' 3",4	19' 55",6
16° 57' 12"	7 ^h 57' 26"	8 ^h 7' 51",8	5 ^h 25' 9",9	20' 0",1
16° 53' 20"	7 ^h 58' 10"	8 ^h 5' 54",8	5 ^h 34' 8",8	20' 35",2 douteuse.

Terme moyen sans les quatrième et sixième observations, 2^h 20' 1",5

Équation du temps, + 1' 22",7

Avance sur le temps moyen, 2^h 21' 24",2*Détermination de longitude.*

San Rafael del Capucino a été trouvé (par des opérations faites à l'aide du graphomètre, et réduites, par la connoissance des rumb et des distances à la *Bocca de Apure*) de 2' en arc à l'est de cette embouchure. Nous avons en conséquence rapporté à *Bocca de Apure* les angles horaires observés au *Capucino*, méthode par laquelle on a pu vérifier la marche du chronomètre durant la navigation sur l'Orénoque.

Longitude de *Bocca de Apure*, 4^h 36' 30",0 = 69° 7' 29".Longitude de *San Rafael del Capucino*, 4^h 36' 22",0 = 67° 5' 29".

PUERTO DE LOS FRAILES,

Un peu à l'ouest de la ville de *la Piedra*, près du Caño *Curumotopo*.*Détermination du temps.*Le 11 juin 1800, après midi. Hauteurs du soleil. Latitude supposée, $7^{\circ}50'$ nord.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de bord inférieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VAIE HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
$46^{\circ} 1' 12''$	$6^h 44' 27''$	$25^{\circ} 16' 30''$	$4^h 51' 54^s,6$	$2^h 12' 52^s,4$
$45^{\circ} 37' 52''$	$6^h 45' 11''$	$25^{\circ} 4' 50''$	$5^h 45^s,4$	$25^s,6$
$45^{\circ} 24' 42''$	$6^h 45' 42''$	$24^{\circ} 58' 15''$	$5^h 14^s,1$	$27^s,9$
$45^{\circ} 7' 52''$	$6^h 46' 22''$	$24^{\circ} 49' 50''$	$5^h 50^s,7$	$51^s,5$
$44^{\circ} 54' 42''$	$6^h 47' 30''$	$22^{\circ} 35' 15''$	$5^h 9^s,8$	$27^s,2$
$44^{\circ} 18' 12''$	$6^h 48' 4''$	$22^{\circ} 25' 0''$	$5^h 58^s,7$	$52^s,5$

Terme moyen, $2^h 12' 29^s,5 = 0,80546$.Équation du temps, + $0' 48^s,2$ Avance sur le temps moyen, $2^h 13' 17^s,7$ *Détermination de longitude.*Longitude de *Puerto de los Frailes*, $4^h 29' 45^s,3 = 67^{\circ} 26' 19^s,5$.

BOCCA DEL INFIERNO,

Ile près du tournant dangereux, entre les villes de *la Piedra* et de *Real Corona*.*Détermination du temps.*Le 22 juin 1800, avant midi. Hauteurs du soleil. Latitude supposée, $7^{\circ}52'$ nord.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VAIE HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
$85^{\circ} 6' 22''$	$11^h 2' 57''$	$42^{\circ} 16' 42^s,1$	$8^h 51' 14^s,9$	$2^h 11' 42^s,1$
$85^{\circ} 34' 17''$	$11^h 3' 36''$	$42^{\circ} 30' 40''$	$8^h 52' 30^s,5$	$5^s,5$
$85^{\circ} 55' 12''$	$11^h 4' 18''$	$42^{\circ} 41' 8''$	$8^h 53' 3^s,1$	$14^s,9$
$86^{\circ} 8' 52''$	$11^h 4' 53''$	$42^{\circ} 47' 48''$	$8^h 53' 32^s,7$	$20^s,3$

Terme moyen sans la première observation, $2^h 11' 13^s,6 + 0,45729$.
Equation du temps, $+ 40^s,5$

Avance sur le temps moyen, $2^h 11' 53^s,9$

Détermination de longitude.

Longitude de la *Bocca del Infierno*, $4^h 28' 42^s,1 = 67^{\circ} 10' 31^s,5$.

REAL CORONA,

autrement *Muitaco*, ville ⁺ sur la rive droite de l'Orénoque, vis-à-vis du
Rio Guacupa.

Détermination de latitude.

Le 12 juin 1800. Culmination de α de la Croix australe, $9^h 2' 52^s$ du chronomètre.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLES HAUTEURS de α DE LA CROIX.	TEMPS de CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de α DE LA CROIX.	DISTANCE de MÉRIDIEEN.	LATITUDE.
$39^{\circ} 40' 22''$	$9^h 30' 45''$	$19^{\circ} 48' 7''$	$+ 7^{\circ} 0' 0''$	$7^{\circ} 59' 22''$
$39^{\circ} 35' 52''$	$9^h 32' 25''$	$19^{\circ} 45' 52''$	$7^{\circ} 23' 50''$	$7^{\circ} 0' 10''$
$39^{\circ} 31' 22''$	$9^h 34' 15''$	$19^{\circ} 43' 36''$	$7^{\circ} 51' 24''$	$8^{\circ} 0' 39''$

Terme moyen, $8^{\circ} 0' 4^s$ nord.

Le 12 juin 1800. Hauteurs de β du Centaure. Culmination, $10^h 36' 55^s$ du chronomètre.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLES HAUTEURS de β DU CENTAURE.	TEMPS de CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de β DU CENTAURE.	DISTANCE de MÉRIDIEEN.	LATITUDE.
$45^{\circ} 0' 22''$	$10^h 56' 23''$	$22^{\circ} 28' 25''$	$+ 4^{\circ} 56' 26''$	$8^{\circ} 0' 20''$
$44^{\circ} 57' 52''$	$10^h 58' 6''$	$22^{\circ} 27' 6''$	$5^{\circ} 22' 0''$	$19''$
$44^{\circ} 55' 22''$	$11^h 0' 39''$	$22^{\circ} 24' 55''$	$6^{\circ} 0' 21''$	$32''$

Terme moyen, $8^{\circ} 0' 24^s$ nord.

⁺ La Piedra et Real Corona sont de misérables villages à qui l'on a donné le nom de ville, pour faire croire à la cour de Madrid que la prospérité de ces contrées augmente.

Le 12 juin 1800. Hauteurs de α du Centaure. Culmination, $11^h 13' 22''$ du chronomètre.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de α DU CENTAURE.	TEMPS de CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de α DU CENTAURE.	DIFFÉRENCE de HAUTEUR.	LATITUDE.
$44^{\circ} 0' 32''$	$11^h 3' 7''$	$21^{\circ} 58' 25''$	$+ 1' 49''.9$	$7^{\circ} 58' 44''$
$43^{\circ} 59' 57''$	$11^h 7' 37''$	$21^{\circ} 58' 7''$	$0' 34''.3$	$8^{\circ} 0' 40''$
$43^{\circ} 59' 22''$	$11^h 10' 32''$	$21^{\circ} 57' 50''$	$0' 8''.2$	$1' 1''$
$43^{\circ} 59' 12''$	$11^h 14' 16''$	$21^{\circ} 57' 45''$	$0' 1''.0$	$1' 14''$

Terme moyen sans la première observation, $8^{\circ} 0' 51''$ nord.

Latitude de Real Corona :

Par les observations de α de la Croix australe.	$8^{\circ} 0' 4''$
β du Centaure.	$8^{\circ} 0' 24''$
α du Centaure.	$8^{\circ} 0' 51''$
En terme moyen, latitude.	$8^{\circ} 0' 26''$

Déclinaison apparente australe de α de la Croix australe. . .	$61^{\circ} 59' 50''.4$
β du Centaure.	$59^{\circ} 24' 18''.1$
α du Centaure.	$60^{\circ} 1' 1''.0$

Ces observations se firent dans le méridien de Real Corona, une demi-lieue plus au nord, entre la ville et l'île de Ceiba.

Détermination du temps.

Le 12 juin 1800, après midi. Hauteurs du soleil.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de bord inférieur DU SOLEIL.	TEMPS de CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
$11^{\circ} 59' 27''$	$7^h 57' 37''$	$6^{\circ} 8' 34''.1$	$5^h 46' 52''.5$	$2^h 10' 44''.7$
$11^{\circ} 41' 17''$	$7^h 58' 19''$	$5^{\circ} 6' 13''$	$5^h 47' 52''.9$	$46''.1$
$11^{\circ} 24' 7''$	$7^h 58' 59''$	$5^{\circ} 50' 52''$	$5^h 48' 11''.1$	$47''.9$
$11^{\circ} 5' 12''$	$7^h 59' 40''$	$5^{\circ} 40' 23''$	$5^h 48' 53''.6$	$55''.3$

Terme moyen sans la quatrième observation,	$2^h 10' 46'',9$
Équation du temps,	$+ 0' 35'',8$
Avance sur le temps moyen,	$2^h 11' 22'',0$

Détermination de longitude.

Longitude de *Real Corona*, $4^h 28' 21'',3 = 67^{\circ} 5' 19'',5$.

SAN TOMAS DE LA NUEVA GUAYANA;

Capitale de la province de Guayana. On l'appelle Nueva Guayana, en opposition de la *Vieja*, ville plus orientale, dont il n'existe plus que les ruines. La capitale actuelle porte plus communément le nom de l'*Angostura* (détroit), duquel dérive la dénomination du fameux *Cortex Angosturae*, ou de l'écorce du *Bonplandia trifoliata*, que l'on exporte de San Tomas de la Guayana.

Détermination de latitude.

Le 16 juin 1800. Hauteurs de β du *Centaure*.

Culmination, $10^h 15' 50''$ du chronomètre. Déclinaison apparente, $59^{\circ} 24' 16'',5$ sud.

OBSERVATIONS.		RESULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR du β DU CENTAURE	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR du β DU CENTAURE.	DISTANCE du MÉRIDIEEN.	LATITUDE.
$44^{\circ} 50' 4''$	$10^h 29' 13''$	$22^{\circ} 23' 13''$	$+ 3^{\circ} 21' 18''$	$8^{\circ} 9' 18''$
$44^{\circ} 49' 47''$	$10^h 30' 57''$	$22^{\circ} 23' 5''$	$5^{\circ} 47' 52''$	$8' 33''$
$44^{\circ} 50' 12''$	$10^h 43' 44''$	$22^{\circ} 13' 16''$	$6^{\circ} 59' 39''$	$8' 51''$

Terme moyen, $8^{\circ} 8' 47''$

Le 16 juin 1800. Hauteurs de α du *Centaure*, près de son passage par le méridien.

Culmination à $10^h 52' 24''$ du chronomètre. Déclinaison apparente, $60^\circ 0' 59'',8$ sud.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR de α DU CENTAURE.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de α DU CENTAURE.	DIFFÉRENCE de HAUTEUR.	HAUTEUR ou MÉRIDIEN.
$43^\circ 42' 22''$	$10^h 42' 2''$	$21^\circ 49' 19''$	$+ 1' 53'',0$	$21^\circ 51' 12''$
$43^\circ 44' 22''$	$10^h 45' 15''$	$21^\circ 50' 19''$	$0' 54'',2$	$51' 13''$
$43^\circ 44' 52''$	$10^h 47' 51''$	$21^\circ 50' 34''$	$0' 21'',8$	$50' 56''$
$43^\circ 46' 42''$	$10^h 49' 27''$	$21^\circ 51' 29''$	$0' 9'',1$	$51' 38''$
$43^\circ 45' 7''$	$10^h 53' 37''$	$21^\circ 50' 42''$	$0' 1'',6$	$50' 45''$
$43^\circ 44' 42''$	$10^h 56' 4''$	$21^\circ 50' 29''$	$0' 14'',1$	$50' 43''$
$43^\circ 44' 7''$	$11^h 0' 13''$	$21^\circ 50' 12''$	$1' 4'',0$	$51' 16''$

Terme moyen, $21^\circ 51' 6'',1$

Déclinaison apparente australe, $60^\circ 0' 59'',8$

Hauteur de l'équateur, $81^\circ 52' 6''$

Latitude, $8^\circ 7' 54''$

Le 17 juin 1800. Hauteurs de α du *Centaure*, près de son passage par le méridien. Culmination à $10^h 47' 59'',5$ du chronomètre.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR de α DU CENTAURE.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de α DU CENTAURE.	DIFFÉRENCE de HAUTEUR.	HAUTEUR ou MÉRIDIEN.
$43^\circ 46' 27''$	$10^h 44' 53''$	$21^\circ 51' 22''$	$+ 0' 40'',0$	$21^\circ 51' 32''$
$43^\circ 46' 5''$	$10^h 46' 59''$	$21^\circ 51' 11''$	$0' 1'',0$	$51' 12''$
$43^\circ 46' 2''$	$10^h 48' 54''$	$21^\circ 51' 9''$	$0' 0'',8$	$51' 10''$
$43^\circ 44' 27''$	$10^h 53' 22''$	$21^\circ 50' 22''$	$0' 30'',2$	$50' 52''$
$43^\circ 43' 50''$	$10^h 56' 11''$	$21^\circ 50' 3''$	$0' 53'',3$	$50' 57''$

Terme moyen, $21^\circ 51' 8'',6$ nord.

Déclinaison apparente australe, $60^\circ 0' 59'',8$

Hauteur de l'équateur, $81^\circ 52' 8'',1$

Latitude, $8^\circ 7' 51'',1$ nord.

En prenant un milieu entre ces trois observations, la latitude de San Tomas est de $8^{\circ} 8' 11''$.

Détermination du temps.

Le 16 juin 1800. Hauteurs du soleil, avant midi.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR de bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
$96^{\circ} 23' 42''$	$11^h 22' 30''$	$47^{\circ} 55' 31''$	$9^h 16' 9^s,1$	$2^h 6' 20^s,9$
$96^{\circ} 44' 30''$	$11^h 23' 15''$	$48^{\circ} 5' 51''$	$9^h 16' 54^s,7$	$2^h 0^s,3$
$97^{\circ} 2' 10''$	$11^h 24' 53''$	$48^{\circ} 27' 46''$	$9^h 18' 33^s,4$	$19^s,6$
$97^{\circ} 45' 50''$	$11^h 25' 36''$	$48^{\circ} 56' 56''$	$9^h 19' 13^s,3$	$22^s,7$
$98^{\circ} 16' 25''$	$11^h 26' 44''$	$48^{\circ} 51' 54''$	$9^h 20' 22^s,3$	$21^s,7$
$99^{\circ} 12' 48''$	$11^h 28' 46''$	$49^{\circ} 19' 5''$	$9^h 22' 25^s,1$	$20^s,9$
$99^{\circ} 23' 55''$	$11^h 29' 16''$	$49^{\circ} 25' 40''$	$9^h 22' 54^s,3$	$21^s,7$

Temps moyen, $2^h 6' 21^s,1$

Équation du temps, — $9^s,7$

Avance sur le temps moyen, $2^h 6' 11^s,4$

Le 9 juillet 1800, après midi.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR de bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
$55^{\circ} 53' 12''$	$6^h 14' 25''$	$27^{\circ} 29' 33''$	$4^h 14' 20^s,9$	$2^h 0' 5^s,1$
$55^{\circ} 5' 12''$	$6^h 15' 30''$	$27^{\circ} 14' 52''$	$4^h 15' 25^s,4$	$4^s,6$
$54^{\circ} 40' 32''$	$6^h 16' 21''$	$27^{\circ} 5' 12''$	$4^h 16' 14^s,3$	$6^s,7$
$54^{\circ} 2' 47''$	$6^h 17' 43''$	$26^{\circ} 44' 18''$	$4^h 17' 55^s,3$	$7^s,7$
$53^{\circ} 42' 52''$	$6^h 18' 57''$	$26^{\circ} 34' 20''$	$4^h 18' 18^s,1$	$18^s,0$

Terme moyen sans la troisième observation, $2^h 0' 6^s,0$

Équation du temps, — $5' 45^s,1$

Avance sur le temps moyen, $1^h 55' 20^s,9$

M. de Humboldt fit ces observations près de la cathédrale.

Détermination de longitude.

Longitude de *S. Tomas de la Nueva Guayana*, $4^h 25' 1'' \frac{1}{4} = 66^{\circ} 15' 21'' \frac{1}{2}$.

Pour faire connoître les avantages que la géographie de l'Orénoque a tirés des observations astronomiques de M. de Humboldt¹, il suffit de comparer les résultats que nous venons d'indiquer, avec la carte du *P. Caulin*. C'est sous le ministère de *Don Jose de Galvez* que cette carte fut publiée, en 1778, par *Don Luis de Surville*, sous le titre de *Mapa corografica de la Nueva Andalucia*. Elle se fonde sur les observations astronomiques faites en 1756, à l'époque où l'on tenta de fixer les limites entre les positions portugaises et espagnoles. Le vice-amiral (Xefe de Esquadra) *Don Jose de Iturriaga* et le capitaine de vaisseau *Don Jose Solano* furent les chefs d'une expédition pour laquelle la cour demanda à Linné un de ses disciples, l'infortuné botaniste *Löffling*. Cette expédition a fourni les premières notions générales sur le cours de l'Orénoque et sur l'existence du *Cassiquiare*. Le *P. Caulin*, auteur de la *Historia corografica de la Nueva Andalucia*, accompagna *Solano* comme aumônier. Il ne parvint que jusqu'au Raudal d'Atures. Il paroît même que les instrumens astronomiques, qui ne servirent qu'aux déterminations de latitude, ne furent pas portés beaucoup au-delà de ce Raudal, tout au plus jusqu'à San Fernando de Atahapo. Aucune observation ne fut faite ni sur les rives du Cassiquiare ni sur celles du Rio Negro. *Surville* place Cumana par $31^{\circ} 20'$ du méridien de Ténériffe. Nous ne nous arrêterons point aux déterminations absolues; mais nous rapporterons toutes les longitudes à celles de Cumana. Nous y ajouterons les positions du *P. Gumilla* et celles que le *P. Gili* a publiées en 1780, dans son ouvrage: *Saggio di Storia Americana*. *Lacruz* n'a fait que copier et défigurer la carte de *Caulin* et de *Surville*; il y a ajouté, d'après des renseignemens inexacts que de simples soldats lui ont fournis, la route de l'expédition de *Solano*. Partout il a mêlé à des faits des idées purement hypothétiques. Plusieurs longitudes et latitudes de la carte qui accompagne le Voyage de M. *Depons* à la partie orientale de la Terre-Ferme, sont basées

¹ C'est d'après ces mêmes observations et d'après les cartes manuscrites de M. de Humboldt, qu'a été indiqué le cours de l'Orénoque sur le grand globe terrestre que M. Meniella est chargé de faire pour le palais des Tuileries.

sur les observations astronomiques que M. de Humboldt a communiquées aux astronomes de Paris.

	HUMBOLDT.		GUMILLA.		GILL.		SERRILLON - CORTES.		d'ANVILLE.	
	Longit.	Latit.	Longit.	Latit.	Longit.	Latit.	Longit.	Latit.	Longit.	Latit.
Boca del Apure...	+3° 37' 30"	7° 55' 25"	+3° 0'	5° 5'	+1° 0'	5° 8'	+3° 13'	7° 05'	+1° 1'	7° 3'
Boca del Mera...	+3° 54' 20"	6° 20' 0"	+3° 29'	1° 58'	+3° 0'	4° 20'	+3° 26'	6° 0'	+0° 44'	4° 37'
Maypura.....	+3° 1' 35"	5° 13' 50"	+0° 50'	1° 0'	+3° 30'	3° 12'	+3° 46'	4° 58'	.....	.....
San Fernando de										
Atahupa.....	+1° 0' 45"	4° 3' 40"	+0° 10'	0° 30'	+3° 10'	0° 14'	+3° 26'	4° 2'	+0° 18'	3° 51'
Emmerida.....	+1° 53' 15"	3° 11' 0"	.....	.....	+0° 15'	0° 50'	+0° 20'	3° 50'	+0° 13'	3° 56'
San Carlos.....	+3° 28' 50"	1° 53' 45"	.....	.....	0° 0'	0° 45'	+0° 48'	0° 54'	+1° 50'	0° 50'

Le signe + marque de combien un lieu est plus à l'ouest que Cumana; le signe —, de combien il en est plus à l'est. Les latitudes sont toutes boréales, excepté celle de San Carlos, d'après *Gili* et *d'Anville*.

Le tableau suivant indique la différence de ces anciennes positions avec celles déterminées par M. de Humboldt :

	d'ANVILLE, 1718.		GUMILLA, 1758.		SERRILLON, 1778.		GILI, 1780.	
	Longit.	Latit.	Longit.	Latit.	Longit.	Latit.	Longit.	Latit.
Boca del Apure.....	—0° 56' 30"	—0° 33' 25"	—0° 37' 30"	—0° 55' 25"	—0° 14' 30"	—0° 10' 15"	+0° 37' 30"	—2° 28' 25"
Boca del Mera.....	+0° 9' 30"	—0° 43' 0"	+1° 50' 30"	—0° 28' 0"	—0° 1' 20"	—0° 11' 0"	+0° 34' 20"	—2° 0' 0"
Maypura.....	.....	.....	+0° 30' 20"	—1° 13' 30"	+0° 35' 27"	—0° 15' 30"	—0° 11' 33"	—0° 1' 50"
San Fernando de								
Atahupa.....	+0° 15' 14"	+0° 11' 40"	+0° 9' 14"	—3° 31' 20"	—0° 16' 40"	—0° 1' 40"	+0° 50' 16"	—2° 48' 40"
Emmerida.....	+0° 19' 14"	—1° 13' 0"	.....	.....	+0° 13' 19"	+0° 27' 0"	+0° 8' 19"	—2° 51' 0"
San Carlos.....	—1° 4' 30"	—2° 25' 15"	.....	.....	—0° 40' 30"	—0° 30' 15"	—0° 20' 30"	—0° 30' 45"

Même les cartes que l'on a cru jusqu'à présent les plus exactes, celles de MM. *Buache* et *Poirson*, diffèrent essentiellement des positions observées par M. de Humboldt. Voici le tableau de ces différences, en supposant, pour les longitudes de M. *Buache*, Paris de 66° 30' à l'est de Cumana :

	BUACHE, 1798.		POIRSON, 1805.	
	En longit.	En latit.	En longit.	En latit.
Boca del Apur.	— ^o 2' 50"	— ^o 1' 30'	+ ^o 8' 0"	— ^o 5' 0"
Boca del Meta.	— ^o 15' 50"	— ^o 15' 0"	+ ^o 16' 0"	— ^o 15' 50"
Maypura.	— ^o 5' 50"	— ^o 10' 50"	+ ^o 5' 50"	— ^o 11' 50"
San Fernando de Atabapo.	— ^o 15' 0"	— ^o 3' 0"	— ^o 8' 10"	+ ^o 4' 15"
Esmeralda.	— ^o 45' 50"	— ^o 26' 50"	— ^o 45' 20"	— ^o 28' 0"
San Carlos del Rio Negro.	— ^o 6' 0"	— ^o 1' 40"	— ^o 5' 40"	— ^o 4' 40"
S. Thomas de la Nueva Guyana.	— ^o 6' 40"	— ^o 5' 0"	+ ^o 6' 50"	— ^o 4' 15"

La carte de l'Orénoque de *Gumilla* est la plus mauvaise de toutes. L'Orénoque, qui, dans la réalité, prend sa source à l'est du méridien de Cumana, et même de sept journées à l'est du village de l'Esmeralda, est représenté dans la carte de *Gumilla* comme venant de Popojan et de Santa-Fé de Bogota. On n'y voit aucune trace du Rio Negro et du Cassiquiare. Cependant cette jonction de l'Orénoque et de la rivière des Amazones, que, récemment encore (en 1798), M. Buache a nommée *une monstruosité géographique*, est très-exactement représentée sur la belle carte de d'Anville, dans laquelle il n'y a de faux que la position de San Carlos, qui est placé de trois degrés trop au sud. La carte de Surville publiée par Caulin est meilleure sans doute que celle de d'Anville. Elle indique en général assez bien le cours de l'Orénoque et sa jonction avec le Maragnon. Mais sur les cartes de Caulin et de Laceruz, tous les endroits sont placés de beaucoup trop vers l'est et vers le sud. Ces erreurs se manifestent le plus dans la position de San Fernando de Atabapo et de l'Esmeralda. Je trouve entre ces deux Missions, par les observations de M. de Humboldt, une différence de longitude de 2° 7' 27", différence qui doit être vraie, à quelques minutes en arc près. *Surville* et *Caulin* évaluent cette différence à 3° 44'; M. *Poirson*, à 3° 42'; M. *Buache*, à 3° 40'; d'Anville¹, environ à 2° 40', et *Gili*, à 3° 20'.

Le journal astronomique de M. de Humboldt fournit à ce sujet les considérations suivantes, qui méritent d'être consignées ici :

« J'ai été surpris (dit notre voyageur) de ce que mes observations placent l'Esmeralda à si peu de distance à l'est de la Boca del Apur. Je vois cependant, en faisant la révision des éléments de mes calculs, que

¹ Je prends le point où le Cassiquiare se sépare de l'Orénoque; car du temps de d'Anville la Mission de l'Esmeralda n'existoit pas encore.

« ma longitude de l'Esmeralda doit être exacte à 8 ou 9 secondes (en temps)
 « près. Les doubles observations que j'ai faites, en allant et en revenant, à
 « *Maypures*, à *Atures* et au *Capucino*, laissent peu de doute sur la marche
 « diurne du chronomètre. Il ne s'est écoulé, en outre, que huit jours entre
 « les observations de Maypures et celles de l'Esmeralda, et Maypures est
 « très-bien déterminé par le Capucino. D'ailleurs, le chemin de San Fernando
 « à l'Esmeralda est si court, que la simple considération du chemin prouve
 « que ce dernier endroit ne peut être aussi oriental que Caulin l'a indiqué
 « sur sa carte. Quand je descendis la rivière, le courant n'étoit pas très-fort;
 « or, d'après mon *estime*, qui a souvent été trouvée juste, nous fîmes 1,
 « tout au plus $1\frac{1}{2}$ lieues marines par heure. Nous mîmes 45 heures depuis
 « l'Esmeralda à San Fernando. La distance, en y comprenant les sinuosités
 « de la rivière, ne peut donc être, tout au plus, que de 54 lieues; ce qui
 « donne une différence de longitude de $2^{\circ} 12'$, si nous comptons un quart
 « pour les détours. »

VILLA DEL PAO,

Petite ville dans les Savanes (Llanos) de la province de *Nueva Barcelona*.

Détermination de latitude.

Le 16 juillet 1800. Hauteurs de α du *Centaure*. Culmination, $8^{\text{h}} 43' 34''$
 du chronomètre. Déclinaison australe apparente, $60^{\circ} 1' 4''$, 8.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR de α DU CENTAURE.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR de α DU CENTAURE.	DISTANCE du MÉRIDIEEN.	LATITUDE.
$38^{\circ} 47' 37''$	$10^{\text{h}} 5' 15''$	$19^{\circ} 21' 40''$	$+19^{\circ} 58' 58''$	$8^{\circ} 58' 24''$
$38^{\circ} 39' 22''$	$10^{\text{h}} 5' 6''$	$19^{\circ} 17' 53''$	$20^{\circ} 26' 25''$	$57' 29''$

Terme moyen, $8^{\circ} 57' 57''$ nord.

Détermination du temps.

Le 16 juillet 1800, avant midi. Hauteurs du soleil.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR VRAIE du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
73° 52' 52"	10 ^h 24' 56"	56° 29' 46"	8 ^h 23' 40",5	0' 55",5
74° 12' 52"	10 ^h 26' 4"	56° 49' 47"	8 ^h 25' 6",7	57",3
75° 49' 52"	10 ^h 29' 35"	57° 38' 18",4	8 ^h 28' 36",1	58",9
76° 17' 47"	10 ^h 30' 56"	57° 52' 16",4	8 ^h 29' 36",4	59",6

Terme moyen, 2^h 0' 58",1
Équation du temps, — 5' 34",2

Avance sur le temps moyen, 1^h 55' 23",9

Détermination de longitude.

Longitude de la *Villa del Pao*, 4^h 28' 32",8 = 67° 8' 12",0.

NUEVA BARCELONA,

Capitale de la province du même nom. M. de Humboldt observa à la Plaza Mayor.

Détermination de latitude.

Au retour de l'Orénoque, M. de Humboldt n'avoit pu prendre que quelques hauteurs simples du soleil pour la détermination du temps. Ces observations, comparées après une traversée de huit jours avec Cumana, lui laissant quelques doutes sur la différence des méridiens de ces deux ports, il chercha à déterminer encore une fois (en novembre, dans son voyage à la Havane) la position géographique de Barcelone. Nous omettons l'ordre chronologique des observations. Nous le pouvons d'autant plus, que nous avons déjà indiqué plus haut la marche du chronomètre en déterminant la longitude de Cumana, à laquelle nous réduisons celle de Barcelone.

Le 22 novembre 1800, au matin: Culmination de *Canopus* à $6^h 34' 1''$ du chronomètre.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de CANOPUS.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VAISE HAUTEUR de CANOPUS.	DIFFÉRENCE de HAUTEUR.	HAUTEUR de MÉRIDIEN.
$54^{\circ} 35' 32''$	$6^h 26' 20''$	$27^{\circ} 16' 20''$	$+ 1' 18'',4$	$27^{\circ} 17' 38''$
$54^{\circ} 37' 39''$	$6^h 20' 51''$	$27^{\circ} 17' 22''$	$0' 40'',0$	$18' 2''$
$54^{\circ} 39' 32''$	$6^h 51' 53''$	$27^{\circ} 18' 20''$	$0' 8'',1$	$18' 28''$
$54^{\circ} 39' 2''$	$6^h 54' 18''$	$27^{\circ} 18' 5''$	$0' 1'',2$	$18' 6''$
$54^{\circ} 38' 47''$	$6^h 36' 11''$	$27^{\circ} 17' 57''$	$0' 6'',1$	$18' 5''$
$54^{\circ} 36' 42''$	$6^h 59' 51''$	$27^{\circ} 16' 55''$	$0' 40'',0$	$17' 55''$

Terme moyen, $27^{\circ} 17' 59''$

Déclinaison australe apparente, $54^{\circ} 35' 9'',6$

Hauteur de l'équateur, $79^{\circ} 53' 8'',2$

Latitude, $10^{\circ} 6' 52''$ nord.

Détermination du temps.

Le 25 juillet 1800, avant midi. Hauteurs du soleil.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR de bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	VAISE HAUTEUR de SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
$91^{\circ} 51' 20''$	$10^h 56' 2''$	$45^{\circ} 29' 10''$	$8^h 59' 28'',2$	$1^h 56' 53'',8$
$91^{\circ} 59' 57''$	$10^h 57' 5''$	$45^{\circ} 43' 50''$	$9^h 0' 29'',2$	$35'',8$
$92^{\circ} 40' 19''$	$10^h 58' 29''$	$46^{\circ} 3' 41''$	$9^h 1' 53'',4$	$35'',6$
$93^{\circ} 25' 8''$	$11^h 0' 9''$	$46^{\circ} 26' 6''$	$9^h 3' 51'',2$	$37'',8$
$93^{\circ} 48' 22''$	$11^h 0' 57''$	$46^{\circ} 37' 43''$	$9^h 4' 20'',8$	$36'',2$
$94^{\circ} 58' 44''$	$11^h 5' 29''$	$47^{\circ} 12' 54''$	$9^h 6' 51'',2$	$37'',8$
$95^{\circ} 14' 5''$	$11^h 4' 3''$	$47^{\circ} 20' 35''$	$9^h 7' 24'',1$	$38'',9$

Terme moyen, $1^h 56' 36'',6$

Équation du temps, $- 6' 5'',4$

Avance sur le temps moyen, $1^h 50' 51'',2$

Le 24 août 1800, avant midi. Hauteurs du soleil.

OBSERVATIONS.		RÉSULTATS DU CALCUL.		
DOUBLE HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	TEMPS du CHRONOMÈTRE.	HAUTEUR du SOLEIL.	TEMPS VRAI.	AVANCE.
70° 33' 14"	9 ^h 56' 38"	34° 59' 59"	8 ^h 15' 52",0	1 ^h 40' 46",1
72° 17' 14"	10 ^h 0' 11"	35° 51' 51"	8 ^h 19' 24",1	46",9
72° 53' 42"	10 ^h 1' 27"	36° 10' 5"	8 ^h 20' 38",6	48",4
73° 42' 15"	10 ^h 3' 2"	36° 34' 23"	8 ^h 22' 18",0	44",0
74° 54' 14"	10 ^h 5' 32"	37° 10' 23"	8 ^h 24' 45",3	46",7
75° 35' 32"	10 ^h 6' 57"	37° 31' 3"	8 ^h 26' 9",7	47",3

Terme moyen, 1^h 40' 46",5

Équation du temps, — 2' 8",0

Avance sur le temps moyen, 1^h 38' 38",5

Le 18 novembre 1800. Hauteurs correspondantes du soleil.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		DOUBLE HAUTEUR du bord supérieur DU SOLEIL.	MIDI du CHRONOMÈTRE.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
0 ^h 53' 24"	7 ^h 17' 30"	69° 7' 52"	1 ^h 5' 27",0
0 ^h 55' 10"	7 ^h 15' 49"	69° 50' 22"	29",5
0 ^h 56' 18"	7 ^h 14' 42"	70° 19' 2"	30",0
0 ^h 58' 50"	7 ^h 12' 18"	70° 15' 42"	29",0
1 ^h 0' 5"	7 ^h 10' 52"	71° 54' 42"	28",5
1 ^h 1' 37"	7 ^h 9' 17"	72° 31' 37"	27",0

Terme moyen, 1^h 5' 28",5

Correction, + 4",5

Équation du temps, + 14' 52",5

Avance sur le temps moyen, 1^h 20' 5",5

Le 22 novembre 1800. Hauteurs correspondantes du soleil.

TEMPS DU CHRONOMÈTRE.		HAUTEUR du bord supérieur du SOLEIL.	MIDI ou CHRONOMÈTRE.
AVANT MIDI.	APRÈS MIDI.		
3 ^h 11' 29"	4 ^h 57' 45"	112° 50' 2"	4 ^h 4' 57 ^s .0
3 ^h 12' 36"	4 ^h 56' 56"	114° 42' 52"	56 ^s .0
3 ^h 15' 52"	4 ^h 55' 22"	114° 57' 32"	37 ^s .0
3 ^h 15' 5"	4 ^h 54' 12"	115° 9' 52"	38 ^s .5

Terme moyen, 4^h 4' 57^s.1

Correction, + 2^s.9

Équation du temps, + 13' 32^s.6

Avance sur le temps moyen, 4^h 18' 12^s.6

Détermination de longitude.

Dans la première détermination, huit jours s'étoient écoulés entre les observations faites à Cumana et à Barcelone. Elle donna, comme nous le verrons dans la suite, pour la différence des méridiens de ces deux ports, 2' 43^s.2 en temps. Je trouve ce résultat un peu incertain, et je donne la préférence à la seconde détermination faite au mois de novembre.

Le 16 novembre 1800, à 10^h.6 avant midi, le chronomètre avançoit de 4' 18' 50^s.2 sur le temps moyen de Cumana. Le retard diurne fut, en novembre, à Cumana, de 30^s.1 dans l'état de repos, et, à Barcelone, de 28^s.2 d'après les hauteurs correspondantes du soleil observées le 18 et le 22. Je prends, en terme moyen, 29^s.15 pour le retard, dans l'état de repos, ou 31^s.15 dans l'état de mouvement.

Ainsi, le 16 novembre, à 10^h.6 avant midi, l'avance fut à Cumana de 4^h 18' 50^s.2

La différence en deux jours 1,4 heures = 1' 4^s.1

Ainsi, le 18, à midi, à Cumana. 4^h 17' 16^s.1

Pour le même temps à Barcelone. 4^h 20' 5^s.3

Barcelone à l'ouest de Cumana. 2' 19^s.2 en temps.

La longitude de Cumana est de 4^h 26' 0^s; par conséquent la longitude de Barcelone, 4^h 28' 19^s.2 = 67° 4' 48^s.

Fidalgo trouva la différence des méridiens, entre Cumana et Barcelone, de $2^{\circ} 5', 6$ en temps ou $31' 24''$ en arc. Cette différence me paroît trop petite. Je ne vois pas pourquoi je devrois attribuer une erreur considérable au chronomètre de Berthoud, en réfléchissant que la traversée de Cumana à Barcelone se fit en six heures. M. de Humboldt observe même dans son manuscrit que ce ne seroit qu'à l'aide d'une brise et d'un courant très-extraordinaire que l'on pourroit venir, en quatre à cinq heures, d'un de ces ports à l'autre. « On trouve, ajoute-t-il, sur toutes les cartes les deux noms de « *Barcelone* et *Cumanagotta*, quelquefois, comme sur la carte de *Jefferys*, « à huit lieues de distance l'un de l'autre. La vérité du fait est que, jusqu'à « la fin du dix-septième siècle, il exista deux villes, *Cumanagotta*, habitée « en grande partie par des Indiens, près du Morro, à l'embouchure du fleuve « Ncvery, et *Barcelone*, construit par les Espagnols, au sud de la ville « actuelle. Les habitans n'ayant point voulu se réunir, on convint de bâtir « au milieu du chemin une nouvelle ville; ce fut la *Nyeva Barcelona* d'au- « jourd'hui, ville très-commerçante, mais d'un climat assez malsain. »

Les géographes et les marins modernes donnent à *Barcelone* les positions suivantes :

	LONGITUDE.	LATITUDE.
<i>La Cruz Olmedilla</i> , 1775. . .	$67^{\circ} 59'$	$10^{\circ} 13' 0''$
<i>Arrowsmith</i> , map of the West Indies, 1803.	$67^{\circ} 22'$	$10^{\circ} 11' 50''$
<i>John Cary</i> , West India isles from the latest authorities, 1803. . .	$66^{\circ} 47'$	$10^{\circ} 17'$
Carta esferica de las islas Antillas, publicada por el Deposito Hidrografico de Madrid, 1802. .	$67^{\circ} 7'$	$10^{\circ} 9'$
<i>Don Joaquin de Ferrer</i>	$67^{\circ} 6' 31''$	$10^{\circ} 8' 14''$
<i>Humboldt</i> (et d'après lui la carte du Voyage de M. Depons à Caracas).	$67^{\circ} 4' 48''$	$10^{\circ} 6' 52''$

Examen de la marche du chronomètre, et déterminations de longitude.

1. VOYAGE A L'ORÉNOQUE.

Lorsque nous déterminâmes la longitude de *Caracas*, nous donnâmes en même temps le détail de la marche diurne du chronomètre. En février, au retour de la *Guaira*, l'horloge fut en retard sur le temps moyen de 16",0 dans l'état de repos, et à 21",25 centigr. (17° de Réaumur.)

A *Cura* (Hacienda), le retard diurne fut de 15",0 du 15 au 19 février.

A (*alabozo*, du 15 au 17 mars, le retard diurne fut de 25",2; et du 17 au 18, de 25",25. Le chronomètre étoit en repos à une température de 31",25 centigr. (25° de Réaumur). Dans les *Savanes* (*Llanos*), au milieu desquelles est située la ville de *Calabozo*, le thermomètre, exposé à la réverbération du soleil, monta de 38",75 à 46",25 centigr. (31° à 37° de Réaumur.) Les observations faites à *Cura* sont à plus d'un mois de distance de celles qui furent faites à *Calabozo*. Il étoit à souhaiter que l'on pût examiner rigoureusement la marche du chronomètre pour plusieurs points intermédiaires. Or nous connoissons, par des opérations graphométriques, la différence des méridiens entre *Valencia* et *Guacara*; elle est de 33" en temps, *Valencia* étant à l'ouest de *Guacara*, et le chronomètre avançoit :

Le 23 février, à midi, à <i>Valencia</i> , de. . .	5 ^h 16' 25",2
Ainsi : le 23 février, à midi, à <i>Guacara</i> , de. . .	5 ^h 15' 52",2
et le 4 mars, à midi, au même endroit, de. . .	5 ^h 12' 56",3

Changement dans neuf jours. 2' 55",9. Six jours en repos.

En comptant pour le mouvement 2" pour chaque jour, il en résulte un retard diurne de 18",9 pour le chronomètre en repos à une température de 26",25 centigr. (21° de Réaumur), et 20",9 pour le chronomètre en mouvement.

2. NAVIGATION SUR L'ORÉNOQUE ET LE RIO NEGRO.

a) A *Maypures*, le chronomètre avançoit :

Le 20 avril, à midi, de.	2 ^h 51' 1",4
Le 30 mai, à 9 ^h 4 avant midi.	2 ^h 52' 19",7

Ainsi, le changement en 40 jours 20^h 18' 41",7

Astronomie.

33

par conséquent, le retard diurne du chronomètre en mouvement $28^{\circ},05$ à $31^{\circ},25 - 33^{\circ},75$ centigr. ($25^{\circ} - 27^{\circ}$ R.)

b) A *San Fernando de Atabapo*, le chronomètre avançoit :

Le 26 avril, à 9 ^h avant midi, de . . .	2 ^h 47' 45",3
Le 27 mai, à 4 ^h après midi.	2 ^h 53' 11",1

Ainsi, le changement en 31 jours 7 heures. . .	14' 35",2
--	-----------

par conséquent, le retard diurne, $28^{\circ},0$ à $31^{\circ},25 - 33^{\circ},75$ centigrade ($25^{\circ} - 27^{\circ}$ R.)

a) A *Santo Tomas de la Nueva Guayana*, le chronomètre avançoit :

Le 16 juin, à 9 ^h avant midi.	2 ^h 6' 11",4
Le 9 juillet, à 4 ^h après midi.	1 ^h 55' 20",9

Ainsi, le changement en 25 jours 7 heures. . .	10' 40",5
--	-----------

par conséquent, le retard diurne, $27^{\circ},95$ en repos à $32^{\circ},5 - 36^{\circ},25$ centig. ($26^{\circ} - 29^{\circ}$ R.)

d) A *Atures*, M. de Humboldt fit de même deux fois des observations astronomiques. La détermination du temps pour le 31 mai est assez incertaine. Mais nous pouvons réduire à *Atures* l'observation faite à *Maypures* le 30 mai, à l'aide de la différence des méridiens, mesurée chronométriquement, et nous connoissons par cette opération (dont la justesse n'est, à la vérité, pas entièrement rigoureuse) la marche du chronomètre du 16 avril au 30 mai.

Nous avons trouvé la différence des méridiens entre *Atures* et *Maypures* de $1^{\circ} 5'$ en temps, *Atures* étant à l'est de *Maypures*. Le chronomètre avançoit, à *Maypures*, le 30 mai, à 9^h du matin, de $2^{\text{h}} 32' 19",7$, et par conséquent à *Atures*, de $2^{\text{h}} 31' 14",2$. Le 16 avril, il avançoit, à midi, de $2^{\text{h}} 51' 49",9$. Le changement a donc été, dans cet intervalle, $20' 35",7$, et le retard diurne de $28",1$.

Ainsi, au voyage de l'Orénoque, la marche du chronomètre, du 16 avril au 9 juillet, fut très-uniformément de $28^{\circ},025$.

Nous pouvons encore examiner cette marche par une autre méthode. Le chronomètre marquait :

A *Maypures*,

Le 20 avril, à midi... $2^h 51' 1''$, 4; le 30 mai, à 9^h av. midi, $2^h 52' 19''$, 1

A *San Fernando de Atabapo*,

Le 26 avril, à 9^h au mat. $2^h 47' 44''$, 5; le 27 mai, à 4^h apr. midi, $2^h 33' 11''$, 1

Différence dans 5,9 jours. $5' 17''$, 1; dans 2,73 jours. . . . $51''$, 4

Que la marche diurne soit x , on aura :

$$+ 3' 17'' - 5,9 x = - 51'' + 2,73 x. \text{ Et par conséquent}$$

$$x = \frac{24''}{8,63} = 28'' \text{ entre } \textit{San Fernando de Atabapo} \text{ et } \textit{Maypures}.$$

Nous avons encore l'avance du chronomètre :

Près de la *Bocca de Apure*,

Le 5 avril, à 8^h av. midi, $2^h 52' 40''$, 9; le 8 juin, à 5^h apr. midi, $2^h 21' 52''$, 2

A *Maypures*,

Le 20 avril, à 0^h $2^h 51' 1''$, 4; le 30 mai, à 9^h av. midi, $2^h 52' 19''$, 7

Différence dans 15,17 jours. — $1' 39''$, 5; dans 9,35 jours. . . . — $10' 43''$, 5

$$\text{Par conséquent } x = \frac{12' 53''}{20,5} = 30'' \text{, } 32.$$

Il en résulte évidemment que le retard de la marche du chronomètre a été un peu plus considérable entre la *Bocca de Apure* et les Cataractes (*Raudales*) de l'Orénoque, qu'il ne le fut entre *Maypures* et *Atabapo*.

Depuis le départ de M. de Humboldt de *Maypures* pour le Rio Negro jusqu'à son retour de San Carlos à *Maypures*, le chronomètre perdit, comme nous l'avons observé, $18' 41''$, 7 en 21 jours 21 heures. Si nous comptons pour l'intervalle de 8,63 jours entre *Maypures* et *San Fernando de Atabapo* $248''$, 5 = $4' 8''$, 5, qu'il faudra soustraire, il restera $14' 33''$, 2 à distribuer sur 31 jours. Le retard diurne entre les missions d'*Esmeralda* et de *San Fernando de Atabapo* sera par conséquent de $27''$, 9 à une température de 22° , 5 — 23° , 75 centigr. (18° — 19° R.)

D'après ces considérations, j'établirai le retard diurne du chronomètre de la manière suivante :

Du 27 mars, où M. de Humboldt s'embarqua sur l'Orénoque, jusqu'au 20 avril, et du 30 mai jusqu'au débarquement à *Santo Tomas de la Nueva Guayana*, $30''$; pendant de fortes chaleurs, le thermomètre étant de jour à 31° , 25 — 33° , 75 centigr. (25° — 27° R.), et de nuit à 27° , 5 centigr. (22° R.);

Entre *San Fernando de Atabapo* et *Maypures*, $28^{\circ},5$ à $28^{\circ},75$ centigr. (23° R.) de jour, et $23^{\circ},75$ centigr. (19° R.) de nuit;

Entre *San Fernando de Atabapo*, l'*Esmeralda*, le *Cassiquiare* et le *Rio Negro*, $27^{\circ},9$ à $22^{\circ},5$ — $23^{\circ},75$ centigr. (18° — 19°) le jour et la nuit.

5. VOYAGE DE SANTO TOMAS DE LA NUEVA GUAYANA A CUMANA.

Le chronomètre^{*} indiquoit :

Le 25 juillet, à 9 heures avant midi, à *Barcelone*. . . + $1^h 50' 51^{\circ},2$

Le 24 août, à 8 heures avant midi, au même endroit: + $1^h 58' 52^{\circ},5$

Changement dans 29 jours 25 heures. . . — $11' 52^{\circ},7$

par conséquent, le retard diurne dans l'état de repos, $23^{\circ},76$.

Nous renvoyons, pour la marche du chronomètre, après le retour à Cumana, au livre précédent, où cette marche a été indiquée en détail.

Après son départ de Cumana, M. de Humboldt observa près de la *Bocca de Apure*, sur la rive gauche de l'Orénoque, et, à son retour, sur la rive droite, près de la métairie de *San Rafael del Capuchino*, vis-à-vis l'embouchure du *Rio Apure*. La différence des méridiens des deux points d'observation, déduite des opérations graphométriques, est de $8''$ en temps ou $2'$ en arc, *San Rafael del Capuchino* étant à l'est de la *Bocca de Apure*. Cette observation est très-importante, en ce qu'elle nous donne deux fois la détermination de cette jonction des deux grandes rivières de l'Apure et de l'Orénoque, ou du point duquel M. de Humboldt commença sa navigation sur l'Orénoque. Cette jonction peut être à-la-fois liée à *Caracas* et à *Cumana*, en considérant la première ville comme point de départ, la seconde comme point d'atterrage. L'*Orénoque*, le *Rio Negro* et le *Cassiquiare* présenteront ainsi un système de longitudes qui sera rapporté à la seule jonction de la *Bocca de Apure*. Il faudra par conséquent déterminer avec le plus grand soin la longitude de ce dernier point; mais on ne doit pas oublier que les doutes que l'on pourroit un jour élever sur cette longitude ne produiront d'autre effet que celui que produit toute incertitude sur un premier méridien. On peut changer la position absolue de tout le système des rivières de la Guyane, sans que la position relative des missions en soit affectée.

Déterminations de longitude.

1. VOYAGE DE CARACAS AU CONFLUENT DE L'APURE ET DE L'ORÉNOQUE.

HACIENDA DEL TUI.

Avance du chronomètre, le 3 février, à midi, à Caracas.	3 ^h 17' 51",9
Retard diurne, 15" en repos, 17" en mouvement, dans 7 jours.	2' 2",5
Ainsi, le 10 février, à Caracas.	3 ^h 15' 49",4
Pour le même temps, à Tui.	3 ^h 17' 19",7
Tui à l'ouest de Caracas.	1' 30",3 en temps ou 22' 35" en arc.

LA VICTORIA.

Le chronomètre avançoit, le 3 février, à midi, à Caracas, de	3 ^h 17' 51",9
Retard diurne, 17" ; ainsi, dans 9 jours.	2' 37",5
Par conséquent, le 12 février, à Caracas.	3 ^h 15' 14",4
Pour le même temps, à la Victoria.	3 ^h 16' 57",2
La Victoria à l'ouest de Caracas.	1' 42",8 en temps ou 25' 42" en arc.

HACIENDA DE CURA.

Le chronomètre avançoit, à Caracas, le 3 février, à midi, de.	3 ^h 17' 51",9
Retard diurne, 17",5 ; dans 12 jours.	3' 30",0
Le 15 février, à midi, à Caracas.	3 ^h 13' 21",9
Pour le même temps, à la Hacienda de Cura.	3 ^h 17' 49",7
Hacienda de Cura à l'ouest de Caracas.	3' 20",8 en temps ou 50' 12" en arc.

NUEVA VALENCIA.

Le chron. avançoit, le 19 fév., à midi, à la Hacienda de Cura, de	3 ^h 16' 42",8
Retard diurne du 19 au 25 fév., admis de 20",9, donne pour 4 j.	1' 25",6
Le 25 février, à la Hacienda de Cura.	3 ^h 15' 19",2
Pour le même temps, à Nueva Valencia.	3 ^h 16' 25",9
Valencia à l'ouest de la Hacienda de Cura.	1' 6",0 en temps ou 16' 30" en arc.

PORTO-CAVELLO.

Le chronomètre avançoit, le 25 février, à midi, à *Valencia*, de $3^h 16' 25'', 2$

Changement dans 5 jours à $18'', 9 = 1' 34'', 5$ } — $1' 38'', 5$
 2 jours en mouvement $4'', 0$ }

Par conséquent, le 28 février, à *Valencia*. . . $3^h 14' 46'', 7$

à *Porto-Cavello* $3^h 15' 21'', 7$

Porto-Cavello à l'ouest de *Valencia*. $0' 55'', 0$ en temps.
 ou $8' 45''$ en arc.

Les hauteurs du soleil prises après midi à *Porto-Cavello*, donnent $9'', 3$ en temps, à l'est, ou $2' 18''$ en arc.

Le terme moyen de ces deux données détermineroit la longitude de *Porto-Cavello* de $3' 14''$ en arc = $13''$ en temps à l'ouest de *Nueva Valencia*.

On croit communément à *Valencia* que *Porto-Cavello* en est au nord-ouest.

GUACARA.

Par des opérations graphométriques que nous avons déjà indiquées, *Guacara* a été trouvé à $8' 15''$ en arc à l'est de *Valencia*.

GUIGUE.

Le chronomètre avançoit, à *Guacara*, le 4 mars, à

midi, de. $3^h 13' 2'', 1$ (On réduisant au 4 février, variation de 5, et prenant la moyenne entre les deux.)

Changement dans 4 jours 4 heures, à $27'', 3$. — $1' 54'', 5$

Le 8 mars, à *Guacara*, 4 heures après midi. $3^h 11' 7'', 7$

Pour le même temps, à *Guigue*. $3^h 11' 5'', 6$

Guigue à l'est de *Guacara*. $1'', 7$ en temps = $25''$
 en arc.

VILLA DE CURA.

Le chron. avançoit, à *Guacara*, le 4 mars, à midi, de $3^h 13' 2'', 2$

Changement dans 5 jours 4,8 heures, à $27'', 3$. — $2' 22'', 0$

A *Guacara*, le 9 mars, à 4,8 heures apr. midi. $3^h 10' 40'', 2$

Pour le même temps, à *Villa de Cura*. $3^h 9' 19'', 9$

Villa de Cura à l'est de *Guacara*. $1' 20'', 3$ en temps = $20' 5''$
 en arc.

SAN JUAN.

Le chron. avançoit, à *Guacara*, le 4 mars, à midi, de $5^h 13' 2'',5$

Retard diurne, $27'',3$, par les chaleurs excessives de $41^{\circ},25$ à $46^{\circ},25$ centigr. (53° à 37° R.) dans les déserts. Dans 7 jours 4 : h. — $5' 46'',1$

A *Guacara*, le 11 mars, à 4 : heures apr. midi. $3^h 9' 16'',1$

Pour le même temps, à *San Juan*. $5^h 8' 4'',6$

San Juan à l'est de *Guacara*. $1' 41'',5$ en temps = $25' 23''$
en arc.

CALABOZO.

Le chron. avançoit, à *Guacara*, le 4 mars, à midi, de $5^h 13' 2'',2$

Changement dans 11 jours 5 : heures, à $27'',3$. — $5' 6'',4$

A *Guacara*, le 15 mars, à 5 : heures apr. midi. $3^h 7' 55'',8$

Pour le même temps, à *Calabozo*. $5^h 5' 47'',9$

Calabozo à l'est de *Guacara*. $1' 7'',9$ en temps = $16' 56''$
en arc.

SAN FERNANDO DE APURE.

Le chronomètre avançoit, à *Calabozo*, le 18 mars, à 8 : heures avant midi, de. $5^h 5' 41'',3$

Les hauteurs du soleil prises apr. midi, et réduites à 8 : heures avant midi, donnèrent. $5^h 5' 48'',4$

Avance en terme moyen, 8 : heures avant midi. $3^h 5' 44'',9$

Changement en 9 jours 8,5 heures, à $28'',8$ terme moyen de la marche diurne dans les Llanos et sur l'Orénoque. — $4' 29'',2$

Avance, à *Calabozo*, le 27, à 4,8 heures après midi. $3^h 1' 15'',7$

Pour le même temps, à *San Fernando de Apure*. $3^h 1' 53'',7$

San Fernando de Apure à l'ouest de *Calabozo*. $58'',0$ en temps
ou $9' 30''$, en arc.

BOCCA DEL RIO APURE.

Le chronomètre avançoit, à *San Fernando de Apure*, le 27 mars, à 4,8 heures après midi, de. $4^h 1' 53'',7$

Changement dans 8 jours 15,4 heures, à $30'',3$, dans le camp sur l'Orénoque. — $4' 29'',1$

Avance à <i>San Fernando de Apure</i> , le 5 avril, à 8,2 heures avant midi.	2 ^h 57' 31",6
Pour le même temps, à la <i>Bocca de Apure</i>	2 ^h 52' 44",9
<i>Bocca de Apure</i> à l'est de <i>San Fernando</i>	4' 50",7 en temps
	ou 1° 12' 40" en arc.

Tel est le résultat des calculs sur la longitude de *Bocca de Apure* liée à *Caracas*. Nous allons encore la combiner avec *Cumana*.

2. VOYAGE DE LA BOCCA DEL RIO APURE A CUMANA.

SAN RAFAEL DEL CAPUCHINO.

Les opérations graphométriques placent ce point de 2' en arc à l'est de la *Bocca de Apure*. Nous réduirons à l'embouchure de l'*Apure* le résultat qu'a fourni la détermination du temps.

PUERTO DE LOS FRAILES.

Nous avons trouvé l'avance du chronomètre, à <i>San Rafael del Capuchino</i> , le 8 juin 1800, à 5,6 heures après midi.	2 ^h 21' 24",2
<i>San Rafael</i> est de 8" en temps à l'est de la <i>Bocca de Apure</i>	8",0
Avance, le 8 juin, à 5,6 heures après midi, à la <i>Bocca</i>	2 ^h 21' 32",3
Changement dans 2 jours 23 heures, à 50".	— 1' 29",8
Le 11 juin, à 4,6 heures après midi, à la <i>Bocca</i>	2 ^h 20' 2",4
Pour le même temps, à <i>Puerto de los Frailes</i>	2 ^h 15' 17",7
<i>Bocca de Apure</i> à l'ouest du <i>Puerto de los Frailes</i>	6' 42",7

BOCCA DEL INFIERNO.

Le chronomètre avançoit, à la <i>Bocca de Apure</i> , le 8 juin, 5,6 heures après midi, de.	2 ^h 21' 32",3
Changement dans 3 jours 15,3 heures, à 30".	— 1' 50",4
Ainsi, le 12 juin, à 8,9 heures avant midi.	2 ^h 19' 41",8
Pour le même temps, à la <i>Bocca del Infierno</i>	2 ^h 11' 53",9
<i>Bocca de Apure</i> à l'ouest de la <i>Bocca del Infierno</i>	7' 47",9 en temps
	ou 1° 56' 58" en arc.

REAL CORONA.

Le chronomètre avançoit, à la <i>Bocca de Apure</i> , le 8 juin, à 5,6 heures après midi, de.....	2 ^h 21' 52",2
Changement dans 4 jours 0,2 heures, à 50°.....	— 2' 12",5
Ainsi, le 12 juin, à 5,8 ^h apr. midi, à la <i>Bocca de Apure</i>	2 ^h 19' 30",7
Pour le même temps, à <i>Real Corona</i>	2 ^h 11' 22",0
<i>Bocca de Apure</i> à l'ouest de <i>Real Corona</i>	8' 8",7

SANTO THOMAS DE LA NUEVA GUAYANA (L'ANGOSTURA).

Le chronomètre avançoit, à la <i>Bocca de Apure</i> , le 8 juin, à 5,6 heures après midi, de.....	2 ^h 21' 52",2
Changement dans 7 jours 15,7 heures, à 50°.....	— 5' 52",2
Ainsi, le 16 juin, à 9,5 ^h av. midi, à la <i>Bocca de Apure</i>	2 ^h 17' 40",0
Pour le même temps, à <i>San Thomas de la Guayana</i>	2 ^h 6' 11",2
<i>Bocca de Apure</i> à l'ouest de <i>Santo Thomas</i>	11' 28",6

VILLA DEL PAO.

Nous avons trouvé l'avance du chronomètre, pour le 9 juillet, à 4,3 heures, à <i>Santo Thomas de la Guayana</i>	1 ^h 55' 20",9
Changement dans 6 jours 16,1 heures, à 50° chaque jour — 5' 20",1	— 5' 20",1
Ainsi, le 16 juill., à 8,4 heures av. midi, à <i>Santo Thomas</i>	1 ^h 52' 0",8
Pour le même temps, à <i>Villa de Pao</i>	1 ^h 55' 23",9
<i>Villa del Pao</i> à l'ouest de <i>Santo Thomas</i>	3' 23",1

NUEVA BARCELONA.

Le chronomètre avançoit, à <i>San Thomas de la Nueva Guayana</i> , le 9 juillet, à 4,5 heures après midi, de.....	1 ^h 55' 20",9
Changement dans 15 jours 16,8 heures, à 50°.....	— 7' 50",9
Ainsi, le 25 juill., à 9,1 heures av. midi, à <i>Santo Thomas</i>	1 ^h 47' 30",0
Pour le même temps, à <i>Barcelone</i>	1 ^h 50' 31",2
<i>Barcelone</i> à l'ouest de <i>Santo Thomas</i>	5' 1",2 en temps.

CUMANA.

Le chronomètre avançoit, à *Nueva Barcelona*, le 24 août, à $8\frac{1}{2}$ avant midi, de..... $1^h\ 38' 38'',5$

Changement dans 8 jours 25 heures, à $25'',8$ ($25'',8$ dans

l'état de repos)..... —, $5' 51'',1$

Ainsi, le 2 sept., à 7,5 heures avant midi, à *Barcelone*. $1^h\ 54' 47'',4$

Pour le même temps, à *Cumana*..... $1^h\ 52' 4'',2$

Barcelone à l'ouest de *Cumana*..... $2' 43'',2$

Je crois cette différence de méridiens un peu trop grande. M. de Humboldt observe dans son manuscrit que le mouvement de la petite *lancha* et le roulis de la frégate angloise, à bord de laquelle il fut reçu, étoient *fort inégaux*. Le mouvement de la *lancha* changea la marche du chronomètre de 6 secondes, comme nous en avons déjà fait l'observation en déterminant les longitudes de *Cumana* et de *Caracas*. Elle auroit porté le retard diurne à $29'',8$, et donné $2' 7'',3$ pour la différence de méridiens entre *Cumana* et *Barcelone*. Mais je doute que le mouvement de la frégate ait été aussi perturbateur pour la marche du chronomètre que celui de la barque côtière (*lancha*). La frégate resta long-temps en calme et même mouillée. Je donne par conséquent la préférence à la détermination du 16—18 novembre, qui place *Barcelone* de $2' 19'',2$ à l'ouest de *Cumana*, et fixe par conséquent sa longitude à $4^h\ 28' 19'',2 = 67^\circ 4' 48''$.

Prenant pour base la longitude de *Cumana*, fixée à $4^h\ 26' 0'' = 66^\circ 30' 0''$, nous trouverions les longitudes suivantes déterminées dans le voyage de la *Bocca de Apure* à *Cumana*:

Nueva Barcelona.....	$4^h\ 28' 19'',2$	$67^\circ 4' 48''$
Villa del Pao.....	$4^h\ 28' 41'',1$	$67^\circ 10' 16''$
Santo Thomas de la Nueva Guayana.....	$4^h\ 25' 18'',0$	$66^\circ 19' 30''$
Real Corona.....	$4^h\ 28' 57'',9$	$67^\circ 9' 29''$
Bocca del Infierno.....	$4^h\ 28' 58'',7$	$67^\circ 14' 41''$
Puerto de los Frailes.....	$4^h\ 30' 1'',9$	$67^\circ 30' 26''$
Bocca de Apure.....	$4^h\ 36' 46'',6$	$69^\circ 1' 39''$

Longitude de la *Bocca*, { comparée avec *Cumana*, $4^h\ 36' 46'',6$
 { comparée avec *Caracas*, $4^h\ 36' 13'',2$

Longitude de *Bocca del Apure*, en temps moyen, $4^h\ 36' 29'',9 = 69^\circ 7' 29''$.

Je prends exactement la moyenne entre les deux déterminations, quoique le voyage de *la Bocca de Apure* à *Cumana* (déduction faite du temps où M. de Humboldt séjourna à *Santo Thomas* et à *Barcelone*) soit beaucoup plus court que le voyage de *Caracas* à *la Bocca*. Voici les raisons sur lesquelles je me fonde : j'ai lieu de croire tout l'*Orénoque* et l'*Apure*, depuis *San Fernando de Apure* jusqu'à *Santo Thomas* de la *Nueva Guayana*, comme très-bien déterminés. La marche uniforme que le chronomètre a conservée, malgré tous les balancemens de la pirogue, la facilité que nous avons eue d'examiner les limites des erreurs par les doubles observations aux Cataractes, semblent justifier ce que j'avance. Je crois aussi que l'on peut compter avec assurance sur les longitudes déterminées dans les vallées d'*Aragua*, de *Caracas* jusqu'à l'*Hacienda de Cura*, ainsi que sur la différence de méridiens entre *San Fernando de Apure* et *Calabozo*. Il ne me reste quelques doutes que, 1.^o sur la distance entre l'*Hacienda de Cura*, *Valencia*, *Guacara* et *Calabozo*; et 2.^o sur les Savanes entre *Santo Thomas* et *Barcelone*. Le chronomètre est passé de la chaleur moins considérable qui règne autour du lac de *Valencia* à l'ardeur excessive des Llanos ou déserts de *Calabozo*. Un effet opposé a dû être produit dans la marche de l'horloge en la transportant du climat brûlant de *Santo Thomas* aux côtes de la mer des Antilles. Dans les deux cas, la marche diurne du chronomètre a subi, comme on pouvoit s'y attendre, des variations considérables. Mais l'intervalle entre les observations de *Valencia* et de *Calabozo*, entre celles de *Santo Thomas* et *Barcelone*, fut à peu près d'une égale durée. Dans cette incertitude, j'ai cru préférable de prendre exactement la moyenne entre les résultats donnés par les deux déterminations. J'établis par conséquent :

La longitude de *la Bocca de Apure*, $4^{\text{h}} 36' 30'' = 65^{\circ} 7' 30''$.

La comparaison avec *Caracas* ne donne pas pour la *Bocca de Apure* exactement la même longitude que nous a donnée la réduction sur *Cumana*. Il sera prudent par conséquent d'admettre quelques légères modifications dans les longitudes indiquées ci-dessus. Je répète d'ailleurs que les positions de l'*Orénoque*, depuis *San Fernando de Apure* jusqu'à *Santo Thomas* de la *Nueva Guayana*, ont été déterminées rigoureusement. Il en est de même des longitudes observées entre *Caracas* et *Hacienda de Cura*, et de la différence de méridiens entre *Calabozo* et *San Fernando de Apure*.

Je considère *Cumana*, *Caracas* et *la Bocca de Apure* comme trois points

dont les déterminations en longitudes peuvent inspirer une grande confiance. Les deux premiers se fondent sur des observations purement célestes : l'embouchure de l'Apure est réduite à la position des deux villes nommées. Par conséquent, il me paroît convenable de rapporter la *partie de l'Orénoque entre la Bocca de Apure et Santo Thomas de la Nueva Guayana*, ainsi que *Calabozo et San Fernando de Apure* à la *Bocca de Apure*. Il faudra ensuite réduire les longitudes depuis le *Tui* jusqu'à l'*Hacienda de Cura* à celle de *Caracas*, en combinant les autres avec les points les plus voisins. D'après cette méthode, qui donne, à mon avis, les résultats les plus sûrs qu'il soit possible de trouver, nous obtiendrons, pour les longitudes, les corrections indiquées dans le tableau suivant. Nous avons marqué d'un astérisque les longitudes qui sont immédiatement rapportées à celles de *Caracas* ou de *Cumana*.

<i>Caracas</i>	4 ^h 57' 40",0	point fixe occidental.
* <i>Hacienda del Tui</i>	4 ^h 59' 10",5	
* <i>La Victoria</i>	4 ^h 59' 22",8	
* <i>Hacienda de Cura</i>	4 ^h 41' 0",8	
<i>Nueva Valencia</i>	4 ^h 52' 15",2	
<i>Porto-Cavello</i>	4 ^h 42' 28",2	
<i>Guacara</i>	4 ^h 41' 42",2	
<i>Guigüe</i>	4 ^h 41' 40",5	
<i>Villa de Cura</i>	4 ^h 40' 20",2	
<i>San Juan</i>	4 ^h 40' 1",1	
<i>Calabozo</i>	4 ^h 40' 42",7	
<i>San Fernando de Apure</i>	4 ^h 41' 20",7	
<i>Bocca de Apure</i>	4 ^h 56' 50",0	point fixe méridional.
<i>San Rafael del Capuchino</i>	4 ^h 56' 22",0	
<i>Puerto de los Frailes</i>	4 ^h 29' 45",5	
<i>Bocca del Infierno</i>	4 ^h 28' 42",1	
<i>Real Corona</i>	4 ^h 28' 21",5	
<i>Santo Thomas de la Nueva Guayana</i>	4 ^h 25' 1",4	
<i>Villa del Pao</i>	4 ^h 28' 52",8	
* <i>Nueva Barcelona</i>	4 ^h 28' 19",2	
<i>Cumana</i>	4 ^h 26' 0",0	point fixe oriental.

3. VOYAGE SUR L'ORÉNOQUE ET LE RIO NEGRO;

De la Bocca de Apure à San Rafaël del Capuchino.

Nous trouvons, pour le retard diurne du chronomètre sur le temps moyen :

a. Entre la Bocca de Apure et les Cataractes de Maypures, comme nous l'avons déjà indiqué ci-dessus, $30^{\circ}\frac{1}{2}$.

β. Entre les Cataractes et San Fernando de Atabapo, $28^{\circ},5$.

γ. Entre San Fernando de Atabapo et l'Esmeralda, sur le Cassiquiare et le Rio Negro, $27^{\circ},9$.

Nous présenterons séparément les longitudes déterminées sur l'Orénoque, pour en fournir un aperçu plus commode.

a. L'Orénoque entre la Bocca de Apure et les Cataractes (Raudales).

CUCURUPARU.

Le chronomètre avançoit, à San Rafaël del Capuchino, le 8 juin, à 5,6 heures après midi, sur le temps moyen, de. $2^h\ 21'\ 24^{\circ},2$

Changement dans—22,1 heures à— $50^{\circ}\frac{1}{2}$ par jour. + $27^{\circ},9$

Ainsi, le 7 juin, à 7,5 heures après midi. $2^h\ 21'\ 52^{\circ},1$

Pour le même temps, à Cucuruparu. $2^h\ 22'\ 40^{\circ},2$

Cucuruparu à l'ouest de San Rafaël. $48^{\circ},1$ en temps,
= $12'\ 2''$ en arc.

Longitude de San Rafaël del Capuchino, $4^h\ 36'\ 22^{\circ},0$.

Par conséquent, longitude de Cucuruparu, $4^h\ 37'\ 10^{\circ},1=69^{\circ}\ 17'\ 32$.

URUANA.

Le chronomètre avançoit, à San Rafaël del Capuchino, le 8 juin, à 5,6 heures après midi, de. $2^h\ 21'\ 24^{\circ},2$

Changement dans—1 jour 10,1 heures, à— $30^{\circ}\frac{1}{2}$ + $43^{\circ},1$

Ainsi, le 7 juin, à 7,5 heures avant midi, à San Rafaël. $3^h\ 11'\ 7^{\circ},3$

Pour le même temps, à Uruana. $2^h\ 24'\ 28^{\circ},5$

Uruana à l'ouest de San Rafaël. $2'\ 21^{\circ},2$ en temps,
= $35'\ 18''$ en arc.

Longitude d'Uruana, $4^h\ 38'\ 43^{\circ},2=69^{\circ}\ 40'\ 48''$.

BOCCA DEL RIO META.

Le chronomètre avançoit, à *Bocca de Apure*, le 5 avril, à 8,2 heures après midi, de. 2^h 52' 40",9

Changement dans + 7 jours 1,7 heures, à — 30" $\frac{1}{2}$ — 5' 52",5

Ainsi, le 12 avril, à 9,9 heures av. midi, à *Bocca de Apure* 2^h 49' 6",2

Pour le même temps, à la *Bocca del Río Meta*. 2^h 52' 51",3

Bocca del Río Meta à l'est de *Bocca de Apure*. 5' 47",9 en temps.
= 56' 58" en arc.

Longitude de la *Bocca de Apure*, 4^h 36' 30",0.

Par conséquent, longit. de la *Bocca del Río Meta*, 4^h 40' 17",9 = 70° 4' 29".

ISLA DE PANUMANA.

Le chronomètre avançoit, à la *Bocca de Apure*, le 5 avril, à 8,2 heures avant midi, de. 2^h 52' 40",9

Changement dans + 9 jours 11,3 heures, à — 30" $\frac{1}{2}$ — 4' 47",5

Ainsi, le 14 avril, à 7,5 heures après midi, à la *Bocca de Apure*. 2^h 47' 53",6

Pour le même temps, à l'île de *Panumana*. 2^h 51' 58",2

Panumana à l'ouest de la *Bocca de Apure*. 4' 47",6 en temps.
= 1° 1' 9" en arc.

Longitude de l'île de *Panumana*, 4^h 40' 34",6 = 70° 8' 39".

ATURES.

Le chronomètre avançoit, à la *Bocca de Apure*, le 5 avril, à 8,2 heures avant midi, de. 2^h 52' 40",9

Changement dans + 11 jours 3,8 heures, à — 30" $\frac{1}{2}$ — 5' 58",4

Ainsi, le 16 avril, à midi, à la *Bocca de Apure*. 2^h 47' 2",5

Pour le même temps, à *Atures*. 2^h 51' 49",9

Atures à l'occident de la *Bocca de Apure*. 4' 47",4 en temps.
= 20' 5" en arc.

Longitude d'*Atures*, 4^h 41' 17",4 = 70° 19' 21".

MAYPURES.

Le chronomètre avançoit, à la *Bocca de Apure*, le 5 avril, à 8,2 heures avant midi, de. 2^h 52' 40",9

Changement dans + 15 jours 3,8 heures, à — 30" $\frac{1}{2}$ — 7' 59",7

Ainsi, le 20 avril, à midi, la *Bocca de Apure*. . . $2^h 45' 1''$,2

Pour le même temps, à *Maypures*. $2^h 51' 1''$,4

Maypures à l'ouest de la *Bocca de Apure*. $6' 0''$, en temps.

= $1^o 50' 5''$ en arc.

Longitude de *Maypures*, $4^h 42' 30''$,2 = $70^o 37' 33''$.

β. *L'Orénoque entre les Cataractes et San Fernando de Atabapo.*

PIEDRA RATON.

Le chronomètre avançoit, à *Maypures*, le 20 avril, à midi, de $2^h 51' 1''$,4

Changement dans + 1 jour 9,6 heures, à — $28''$,5. — $59''$,9

Ainsi, le 21 avril, à 9 heures après midi, à *Maypures*. $2^h 50' 21''$,5

Pour le même temps, sur la *Piedra Raton*. $2^h 50' 18''$,7

Piedra Raton à l'est de *Maypures*. $2''$,8 en temps.

= $0' 42''$ en arc.

Longitude de la *Piedra Raton*, $4^h 42' 27''$,4 = $70^o 36' 51''$.

Cette longitude est conforme au résultat du plan que M. de Humboldt leva au moyen de la boussole, et par lequel il trouva la *Piedra* un peu à l'orient de *Maypures*, ou presque dans son méridien.

SAN FERNANDO DE ATABAPO.

1) Le chronomètre avançoit, à *Maypures*, le 20 avril, à midi, de $2^h 51' 1''$,4

Changement dans + 5 jours 21,2 heures, à — $28''$,9. + $2' 50''$,0

Ainsi, le 16 avril, à 9,2 heures avant midi, à *Maypures*. $2^h 48' 11''$,4

Pour le même temps, à *San Fernando*. $2^h 47' 44''$,5

San Fernando à l'est de *Maypures*. $27''$,1 en temps.

= $6' 47''$ en arc.

2) Le chronomètre avançoit, à *Maypures*, le 30 mai, à 9,5 heures avant midi,

de. $2^h 52' 19''$,7

Changement dans — 2 jours 17,5 heures, à — $28''$,9. + $1' 18''$,5

Ainsi, le 27 mai, à 4,2 heures après midi, à *Maypures*. $2^h 55' 58''$,2

Pour le même temps, à *San Fernando*. $2^h 55' 11''$,1

San Fernando à l'ouest de *Maypures*. $27''$,1 en temps.

= $6' 47''$ en arc.

La conformité des deux résultats est une suite naturelle de ce que nous avons pris les observations faites à *Maypures* et à *San Fernando* pour base

de l'examen de la marche du chronomètre durant le voyage entre ces deux endroits.

Longitude de *San Fernando de Atabapo*, $4^h 42' 3'', 1 = 70^{\circ} 30' 46''$.

7. Entre *San Fernando de Atabapo* et *l'Esmeralda*, sur le *Cassiquiare* et le *Rio Negro*.

SAN BALTHASAR DE ATABAPO.

Le chronomètre avançoit, à *San Fernando*, le 26 avril, à 9,2 heures avant midi, de. $2^h 47' 41'', 3$

Changement dans + 3 jours 7,1 heures, à — $27'', 9$ $1' 52'', 0$

Ainsi, le 29 avril, à 5,3 heures apr. midi, à *San Fernando*. $2^h 46' 12'', 5$

Pour le même temps, à *San Balthasar*. $2^h 45' 6'', 6$

San Balthasar à l'est de *San Fernando*. $1' 5'', 7$ en temps.
= $16' 25''$ en arc.

Longitude de *San Balthasar de Atabapo*, $4^h 40' 57'', 4 = 70^{\circ} 14' 21''$.

JAVITA.

Le chronomètre avançoit, à *San Fernando*, le 26 avril, à 9,2 heures après midi, de. $2^h 47' 41'', 3$

Changement dans + 8 jours 8,2 heures, à — $27'', 9$ $5' 52'', 8$

Ainsi, le 4 mai, à 5,4 heures après midi, à *San Fernando*. $2^h 45' 51'', 5$

Pour le même temps, à *Javita*. $2^h 45' 17'', 0$

Javita, à l'est de *San Fernando*. $54'', 5$ en temps.
= $8' 38''$ en arc.

Longitude de *Javita*, $4^h 41' 28'', 6 = 70^{\circ} 22' 8''$.

SAN CARLOS DEL RIO NEGRO.

Le chronomètre avançoit, à *San Fernando*, le 26 avril, à 9,2 heures avant midi, de. $2^h 47' 44'', 3$

Changement dans + 12 jours 6 heures, à — $27'', 9$ $5' 41'', 8$

Ainsi, le 8 mai, à 3,2 heures, à *San Fernando*. $2^h 42'' 2'', 5$

Pour le même temps, à *San Carlos*. $2^h 39' 54'', 0$

San Carlos, à l'est de *San Fernando*. $2' 8'', 5$ en temps.
= $52' 7''$ en arc.

Longitude de *San Carlos*, $4^h 39' 54'', 6 = 69^{\circ} 58' 39''$.

PIEDRA DE CULIMACARI.

Le chronomètre avançoit, à *San Fernando*, le 26 avril, à 9,2 heures avant midi,
de. 2^h 47' 44",3

Changement dans + 15 jours 11,8 heures, à - 27",9. — 7' 12",2

Ainsi, le 11 mai, à 9 heures après midi, à *San Fernando*. 2^h 40' 32",1

Pour le même temps, sur la *Piedra de Culimacari*. 2^h 36' 44",3

Piedra de Culimacari à l'est de *San Fernando*. 5' 47",5 en temps
= 56' 52",0 en arc.

Longitude de la *Piedra de Culimacari*, 4^h 38' 15",3 = 69° 33' 50".

Ce résultat n'est pas sûr, ayant été fondé sur une détermination de temps incertaine.

MANDAVACA.

1) Le chronomètre avançoit, à *San Fernando*, le 26 avril, à 9,2 heures avant midi,
de. 2^h 47' 44",3

Changement dans + 16 jours 8 heures, à - 27",9. — 7' 35",7

Ainsi, le 12 mai, à 5,2 heures après midi, à *San Fernando*. 2^h 40' 8",6

Pour le même temps, à *Mandavaca*. 2^h 35' 55",0

Mandavaca à l'est de *San Fernando*. 4' 13",6 en temps
= 1° 3' 24",0 en arc.

a) Le chronomètre avançoit, à *San Fernando*, le 27 mai, à 4,2 heures après midi,
de. 2^h 33' 11",1

Changement dans - 14 jours 23 heures, à 27",9. + 6' 57",3

Ainsi, le 12 mai, à *San Fernando*, à 5,2 heures après midi. 2^h 40' 8",4

Pour le même temps, à *Mandavaca*. 2^h 35' 55",0

Mandavaca à l'est de *San Fernando*. 4' 13",4 en temps
= 1° 3' 21",0 en arc.

Longitude de *Mandavaca*, 4^h 37' 49",7 = 69° 27' 26".

ESMERALDA.

Noos avons trouvé, pour l'avance du chronomètre, à *San Fernando de Atabapo*,

le 27 mai, à 9,2 heures après midi. 2^h 53' 11",1

Changement dans - 5 jours 5,9 heures, à - 27",9. + 2' 26",4

Ainsi, le 22 mai, à 10,5 heures avant midi, à <i>San Fernando</i>	2 ^h 35' 57",5
Pour le même temps, à l' <i>Esmeralda</i>	2 ^h 27' 7",7
<i>Esmeralda</i> à l'est de <i>San Fernando de Atabapo</i> . . .	8' 29",8 en temps
	= 2" 7' 27",0 en arc.

Longitude de l'*Esmeralda*, 4^h 33' 33",3 = 68° 23' 19".

SANTA BARBARA DEL ALTO ORINOCO.

Avance du chronomètre, à <i>San Fernando</i> , le 27 mai, à 4,2 heures après midi,	
de	2 ^h 33' 11",1
Changement dans le jour 6,5 heures, à — 27",9. . .	+ 55",5
Ainsi, le 26 mai, à 9,7 heures avant midi, à <i>San Fernando</i> .	2 ^h 55' 46",6
Pour le même temps, à <i>Santa Barbara</i>	2 ^h 51' 54",8
<i>Santa Barbara</i> à l'est de <i>San Fernando de Atabapo</i> .	1' 51",8 en temps
	= 27' 57",0 en arc.

Longitude de *Santa Barbara del alto Orinoco*, 4^h 40' 11",3 = 70° 2' 49".

TABLEAU GÉNÉRAL

DES LONGITUDES ET LATITUDES DÉTERMINÉES DANS CE LIVRE.

	LONGITUDE.	LATITUDE NORD.
Les Iles Firien.....	4° 29' 17",3	
La Guaira.....	4 37 48,0	10° 36' 19"
Cabo Blanco.....	4 38 2,0	10 31 49
Venta grande entre Caracas et la Guaira.....	4 37 51,3	10 31 9
Caracas.....	4 37 40,0	10 30 50
Silla de Caracas.....	4 37 26,5	10 31 5
Hacienda del Tui.....	4 34 10,3	10 16 44
La Victoria.....	4 39 22,8	10 13 35
Hacienda de Cura.....	4 41 0,8	10 15 40
Nueva Valencia.....	4 42 15,3	10 9 56
Gusacara.....	4 41 42,2	10 11 23
Porto Cavello.....	4 42 28,2	10 28 22
Guigues.....	4 41' 40,5	10 4 11
Villa de Cura.....	4 40 30,2	10 2 47
San Juan.....	4 40 1,1	9 55 0
Calabozo.....	4 40 42,7	8 56 8
San Fernando de Apure.....	4 41 20,7	7 53 12
Boca de Apure.....	4 36 30,0	7 36 23
Cacurepari.....	4 39 10,1	7 15 38
Uruana.....	4 38 43,2	7 8 3
Boca del Rio Meta.....	4 40 17,9	6 20 0
Isla de Panamona.....	4 40 31,6	5 41 0
Atures.....	4 41 17,4	5 38 54
Maypures.....	4 42 30,2	5 13 52
Piedra Raton.....	4 42 27,4	5 4 31
San Fernando de Atabapo.....	4 42 3,1	4 2 48
Concejo de Guapaco.....	" " "	3 53 55
San Baltazar de Atabapo.....	4 40 57,4	3 14 23
Javita.....	4 41 28,6	2 48 0
Fuente de San Carlos.....	4 34 51,6	1 53 42
Piedra de Calimacari.....	4 38 15,3 ^{ident.}	2 0 42
Mendocsa.....	4 37 40,7	2 4 7
Esmeralda.....	4 33 33,3	3 11 0
Santa Barbara del alto Orinoco.....	4 40 11,3	4 8 0
San Rafael del Capuchino.....	4 36 22,0	7 37 45
Puerto de los Frailes.....	4 29 45,3	7 50 0
Boca del Inferno.....	4 28 42,1	7 52 0
Rio Corona.....	4 28 21,3	8 8 8
Santo Tomas de la Nueva Guayana.....	4 25 1,4	8 8 11
Villa del Paso.....	4 28 32,8	8 37 57
Nueva Barcelona.....	4 28 19,2	10 6 52



NIVELLEMENT

BAROMÉTRIQUE

FAIT DANS LES RÉGIONS ÉQUINOXIALES
DU NOUVEAU CONTINENT,

EN 1799, 1800, 1801, 1802, 1803, 1804,

PAR A. DE HUMBOLDT.

TOUTES LES HAUTEURS ONT ÉTÉ CALCULÉES PAR M. OLTMANNS, D'APRÈS LA FORMULE DE
M. LAPLACE ET LE COEFFICIENT BAROMÉTRIQUE DE M. RAMOND. ON A AJOUTÉ AUX NOMS
DES HAUTEURS MESURÉES QUELQUES OBSERVATIONS PHYSIQUES ET GÉOLOGIQUES.

SUR LE CALCUL DES MESURES BAROMÉTRIQUES,

PAR M. OLTMANN.

Le grand nombre de mesures barométriques contenues dans les Journaux de M. de Humboldt ayant été calculé d'après la formule de M. Laplace, que l'on doit considérer comme la plus exacte de toutes, il sera utile d'en rappeler ici le développement algébrique.

Soit

$$\left. \begin{array}{l} t' \text{ la température de l'air. . .} \\ T' \text{ la température du mercure . .} \\ h' \text{ la hauteur du baromètre. .} \end{array} \right\} \text{ à la station supérieure.}$$

$$\left. \begin{array}{l} t \text{ la température de l'air. . .} \\ T \text{ la température du mercure . .} \\ h \text{ la hauteur du baromètre. .} \end{array} \right\} \text{ à la station inférieure.}$$

On aura, d'après la *Mécanique céleste*, tom. IV, livre x, la différence de hauteur des deux stations (1), ou

$$r = 18536^{\text{mètres}} (1 + 0,0028371 \cos. 2\psi) \left(1 + \frac{2(t' - t)}{1000}\right) \cdot \left[\left(1 + \frac{t}{2}\right) \cdot \log. \left(\frac{h}{h'}\right) + \frac{t}{2} \cdot 0,868589 \right],$$

équation dans laquelle

$$H = h' + h' \left(\frac{T - T'}{5212} \right),$$

et où ψ représente la latitude.

(1) Le vrai coefficient de $\cos. 2\psi$ est 0,0028371, et non 0,002845, que l'on trouve cité dans la plupart des ouvrages qui rapportent la formule de M. Laplace. Le dernier coefficient devrait être employé, s'il s'agissoit de réduire la pesanteur correspondante à une latitude quelconque sous l'équateur, tandis que, dans la formule, il faut que la réduction se fasse à la pesanteur, sous le parallèle du 45.^e degré.

Pour a on peut mettre 6366198^{mm}, et pour r la valeur approximative qu'on obtiendrait, en faisant r , qui se trouve au second membre, $= 0$.

Pour les développements numériques, la formule est plus commode, si on l'écrit de la manière suivante, en conservant toujours le nouveau coefficient déduit par M. Ramond d'un grand nombre d'observations très-précises.

$$r = \log. \left(\frac{h}{n} \right) \cdot \left(\frac{1000 + \frac{9}{1000} (t' - t)}{1000} \right) \cdot 18536 \cdot (1 \pm 0,0028571 \cos. 2\psi) \left\{ 1 + \left[\frac{\log. \left(\frac{h}{n} \right) + 0,868589}{\log. \left(\frac{h}{n} \right)} \right] \cdot \frac{t'}{t} \right\}.$$

Dans l'expression $1 \pm 0,0028571 \cos. 2\psi$, on doit prendre le signe *supérieur* chaque fois que ψ est plus petit que 45° , et le signe *inférieur* lorsque ψ est plus grand que 45° .

Quelque simple que soit la formule de l'auteur de la Mécanique céleste, M.M. *Prony* et *Ramond* ont cependant cherché à l'abréger. Il est vrai qu'ils ont un peu perdu du côté de la précision; mais la différence entre les résultats que donnent leurs formules, et ceux obtenus par la formule de M. Laplace, est si peu considérable, qu'on ne s'éloigne pas du degré de précision qu'on peut raisonnablement attendre de mesures faites au moyen du baromètre.

M. de *Prony* a fait :

$$\begin{aligned} K &= 18536 \quad \psi' = 0,002845 \cos. 2\psi \quad t' = \frac{9(t + t')}{1000} \quad \lambda = \log. \left(\frac{h}{n} \right) \\ \mu &= \frac{h' + h' (T - T')}{5419} \\ \log. \left(\frac{h}{n} \right) + 0,868589 &= t \quad r' = r \\ &\quad 6366198 \end{aligned}$$

et il a trouvé la différence des hauteurs :

$$K_\lambda (1 + t + \psi' + \psi' K_{t'}) = r$$

où il a négligé la somme des produits $K \psi \psi' + K_t t + K_t \psi' + K_t \psi' t$, parce que leur influence, comme il dit, est trop peu considérable pour qu'il soit nécessaire de les faire entrer dans le calcul.

M. *Ramond* a publié depuis, dans son excellent Mémoire sur la mesure des hauteurs à l'aide du baromètre, une formule approximative qui, ainsi que celle de M. de *Prony*, facilite extrêmement les calculs, et sans que les résultats obtenus diffèrent beaucoup de ceux calculés d'après la formule primitive de M. Laplace,

Voici la formule de M. Ramond.

$$\begin{aligned} \log. h &= \{ \log. h' + \log. [5412 + (T - T')] \} - \log. 5412 = s \\ \log. s &+ \log. \left(\frac{1000 + 3(t + t')}{1000} \right) + \log. \varphi = \log. r = \log. \text{de la différence des hauteurs} \\ \log. \varphi &= \log. 18395 \pm \log. \left(\frac{352,4}{551,4 + 3,605 \text{ de la hauteur du pôle.}} \right). \end{aligned}$$

Dans cette formule le signe *positif* sert pour les latitudes au-dessous de 45°, et le signe *négalif* pour celles qui surpassent 45°.

J'ai essayé d'abrégé cette formule (1) de la manière suivante, pour le cas où le baromètre correspondant se trouve ou au niveau de la mer, ou à une élévation peu considérable.

D'après M. Ramond, il y a

$$\log. h = \{ \log. h' + \log. [5412 + (T - T')] \} - \log. 5412 = s$$

mais on peut remplacer cette expression par celle-ci :

$$\begin{aligned} \log. h - \log. h' &= \log. \left(1 + \frac{(T - T')}{5412} \right) = s, \text{ ou bien} \\ \log. h &= \log. \left(1 + \frac{(T - T')}{5412} \right) - \log. h' = s. \end{aligned}$$

ce qui donne

$$\log. \left(1 + \frac{(T - T')}{5412} \right) = \frac{(T - T')}{5412} \times S,$$

où S représente la soutangente du système.

Nous aurons donc,

$$\log. h = \left(\frac{(T - T')}{5412} \right) \times S - \log. h' = s.$$

Et comme, sans diminuer l'exactitude du calcul, on peut provisoirement regarder comme constant h, ou l'état du baromètre sur le bord de la mer, il faut chercher par la variation du logarithme la variation du nombre, et on aura

$$\begin{aligned} \log. h = \frac{(T - T')}{5412} \times S - \log. h' &= \log. \left\{ h - \frac{(T - T')}{5412} h.La S \right\} - \log. h' = \\ \log. \left[h - \frac{h}{5412} \cdot (T - T') \right] - \log. h' &= s. \end{aligned}$$

car L a S, ou le logarithme naturel de la base, multiplié avec la soutangente du système, = 1.

(1) Ephémérides de Berlin pour l'année 1809.

Mais h , ou l'état moyen du baromètre sur le bord de la mer, $= 337^{\text{h}} 8$, par conséquent

$$\frac{h}{8112} = \frac{33711,8}{8112} = 0,0642 = \frac{1}{16} \text{ à un } 0,001 \text{ près.}$$

J'exprime donc la formule de M. Ramond, pour le cas que nous avons énoncé plus haut, de la manière suivante:

$$\log. \left(h - \frac{(T - T')}{16} \right) - \log. h' = a$$

$$\log. a + \log. e + \log. \left(\frac{1000 + 2(t + t')}{1000} \right) = \log. r.$$

Toutes ces formules donnent la hauteur en mètres, et sont arrangées pour des thermomètres à division centigrade.

Pour la facilité du calcul, j'ai supposé ci-dessus h constant. Mais d'après les observations que M. de Humboldt (Voyage de Humboldt et Bonpland, 1.^{re} partie, vol. I, p. 91), a faites sur les variations horaires du baromètre sous la zone torride, sa hauteur moyenne sur le bord de la mer étant $= h$, sa véritable hauteur sera à peu près

$$\begin{array}{ll} \text{à } 21^{\text{h}} = h + 0^{\text{m}} 5 & \text{à } 11^{\text{h}} = h + 0^{\text{m}} 1 \\ \text{à } 4^{\text{h}} = h - 0,4 & \text{à } 16^{\text{h}} = h - 0,2 \end{array}$$

M. de Prony, qui avoit bien voulu faire calculer les observations barométriques de M. de Humboldt, construisit, d'après ces données, une courbe par laquelle on pût trouver la variation pour chaque heure du jour. J'ai profité de son travail, et je donnerai dans la suite les ordonnées de cette courbe.

M. de Humboldt, par exemple, par des observations faites à Guanaxuato, trouva:

A 21 heures (9 heures du matin) la hauteur du baromètre $266^{\text{h}} 4$, $t = +21^{\circ} 3$, $T = 21^{\circ} 3$ dans le même temps, sur le bord de la mer, il y avoit $h = 338^{\text{h}} 3$; $t = +25^{\circ} 3$; $T = 25^{\circ} 3$ et $\phi = 21^{\circ} 0'$.

Hauteur calculée.

1.^e D'après M. Laplace (sans admettre aucun changement dans sa formule fondamentale).

$$\begin{array}{rcl}
 \log. h = 338^{\text{m}} 5 & & 2.5295020 \\
 \log. h' & = 3.4255542 & \\
 (1) \log. (5412 + 4) = 3.7536787 & \left. \begin{array}{l} \text{Somme.} \\ \text{Différence des logarithmes.} \end{array} \right\} & 2.4258551 \\
 \text{Compl. log. } 5412 = 6.2666422 & & 0.1054469 \\
 \log. \text{ de la différence des logarithmes} = 9.0147^{\text{m}} 5 & & \\
 \log. \frac{(1000 + 93.2)}{1000} = 1.0952 & = 3.0586996 & \\
 \log. \text{ constant } 18356 & = 4.2635046 & \\
 \text{S.} & & 3.5167217 \\
 \log. \cos. 2 \downarrow = 9.8710735 & & \\
 \log. 0.0028371 = 7.4528746 & & \\
 7.5239481 = 0.0021084 & & \\
 + 1, & & \\
 1.0021084 = \log. 0.0009147 & & \\
 \text{Hauteur approchée.} & = 3.5176364 & = 2077^{\text{m}} 96 \\
 \text{Différ. des log.} = 0.1054469 & & \\
 \text{Constante} & = 0.8685800 & \\
 0.9720559 & \log. & 9.9876824 \\
 \log. \text{ compl. de la constante } 6566193 & 3.1961199 & \\
 \text{Compl. du log. de la différ. des logarithmes.} & 0.9852825 & \\
 0.8045576 & = & + 6,57 \\
 \text{Hauteur de Guanajuato,} & = & 2084,55^{\text{m}}
 \end{array}$$

2.^e D'après la méthode de M. Ramond,

$$\begin{array}{rcl}
 \log. h = (338,5) & & 2.5295020 \\
 \log. (h' = 266^{\text{m}} 4) & = 2.4255542 & \\
 \log. (5412 + 4) & = 3.7536787 & \\
 \text{Compl. log. } 5412 & = 6.2666422 & \\
 & & = 2.4258551 \\
 & & = 0.1054469
 \end{array}$$

(1) Car puisque $H = h' + h' \frac{(T - T')}{2412} = \frac{h' (5412 + (T - T'))}{2412}$,

$$\left. \begin{aligned} \log. \alpha &= 9.0147175 \\ \psi &= 21^{\circ} 0' \text{ coefficient (TABLE II)} = 4.2655696 \\ \log. \left(\frac{1.000 + 95.71}{1000} \right) &= \log. 1.0952 = 0.0386996 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} & \\ & \\ & 5.5189867 \end{aligned}$$

D'après M. *Ramond*, 2084.42^{mètres}.D'après M. *Laplace*, 2084.53Différence = 0,10^{mètres}.3.° D'après la méthode de M. *Oltmanns*.

$$T - T' = 4^{\circ},0 \quad h - \frac{(T - T')}{10} = 558,05 = \log. 2.5289809 \text{ (TABLE III)}$$

$$\log. (h' = 266,4) = 2.4255542$$

$$\alpha = 0.1054467 \log. \alpha = 9.0147166$$

$$\psi = 21^{\circ} 0' \text{ coefficient} = 4.2655696 \text{ (TABLE II)}$$

$$\log. \left(\frac{1.000 + 95.71}{1000} \right) = 1.0952 = 0.0386996$$

$$\text{Hauteur de Guanexusto} = 2084.42^{\text{mètres}} \dots \dots \dots 5.5189858$$

4.° D'après la méthode de M. de *Prony*,

$$0.002845 \log. = 7.4540823 \quad 2 \frac{(r + r')}{1000} = 0,0952 = \delta$$

$$\log. \cos. 2 \psi = 9.8710755$$

$$\psi' = 7.5251558$$

$$= h' + h' \frac{(T - T')}{5412} = 266.597 \log. \left(\frac{h}{h'} \right) + 0,868589 = 3.1838005 = \ell.$$

$$\left(\frac{h}{h'} \right) = \alpha$$

$$\alpha = 9.0147175$$

$$\psi' = 7.5251558$$

$$\log. K = 4.2635046$$

$$\log. K = 4.2635046$$

$$K\alpha = 3.2780221$$

$$\ell' = 5.1858005$$

$$1896,80'' = 3.2780221 = K\alpha \quad \dots \quad 0.6051779 = 4^{\circ} 01' = K\psi' \quad K\psi' = 3.2780221$$

$$\log. \delta = 8.9694159$$

$$5^{\circ},51' = 0.7251272 = K\psi'$$

$$176,78'' = 2.2474588 = K\delta$$

par conséquent

$$K\alpha + K\delta + K\psi' + K\psi'' = 1896,80'' + 176,78'' + 4^{\circ},01' + 5^{\circ},51' = 2082,90.$$

TABLES AUXILIAIRES
POUR CALCULER LES HAUTEURS.

PREMIÈRE TABLE.

État approximatif du baromètre sur les bords de l'Océan équinoxial à chaque heure du jour.

	LIGNES.	LOGARITHMES.		LIGNES.	LOGARITHMES.
midi 0 heures.	338,02	2 . 5289124	12 heures.	337,88	2 . 5287625
1	337,79	2 . 5286468	13	337,80	2 . 5286506
2	337,58	2 . 5285767	14	337,69	2 . 5285182
3	337,45	2 . 5285004	15	337,62	2 . 5284382
4	337,40	2 . 5284451	16	337,60	2 . 5284024
5	337,41	2 . 5284579	17	337,68	2 . 5285053
6	337,45	2 . 5283904	18	337,79	2 . 5286468
7	337,53	2 . 5285124	19	337,94	2 . 5288306
8	337,69	2 . 5285182	20	338,16	2 . 5291222
9	337,83	2 . 5286982	21	338,30	2 . 5293020
10	337,88	2 . 5287625	22	338,28	2 . 5292763
11	337,91	2 . 5288010	23	338,21	2 . 5291864
12	337,88	2 . 5287625	24	338,02	2 . 5289124

DEUXIÈME TABLE AUXILIAIRE.

Logarithmes des coefficients pour toutes les latitudes jusqu'au 72.° degré, le coefficient du 45.° degré étant supposé de 18393 mètres (d'après M. Ramond).

↓ 0°	42638866	↓ 24°	42654783	↓ 48°	42645256
1	8818	25	4458	49	4808
2	8836	26	4123	50	4383
3	8797	27	3779	51	3960
4	8746	28	3427	52	3540
5	8679	29	3066	53	3126
6	8596	30	2696	54	2715
7	8499	31	2319	55	2303
8	8398	32	1936	56	1903
9	8295	33	1546	57	1506
10	8192	34	1149	58	1116
11	7987	35	0747	59	0723
12	7799	36	0339	60	0338
13	7617	37	42649226	61	42639986
14	7421	38	9512	62	9625
15	7212	39	9092	63	9273
16	6990	40	8669	64	8929
17	6756	41	8244	65	8594
18	6509	42	7816	66	8269
19	6250	43	7387	67	7944
20	5979	44	6957	68	7620
21	5696	45	6526	69	7296
22	5402	46	6095	70	6973
23	5098	47	5665	71	6650
24	4783	48	5236	72	6325

TROISIÈME TABLE AUXILIAIRE.

(Pour la méthode du calcul de M. Oltmanns).

ARG. T—T'	CORRECT. de h ±	ARG. T—T'	CORRECT. de h ±	ARG. T—T'	CORRECT. de h ±	ARG. T—T'	CORRECT. de h ±	ARG. T—T'	CORRECT. de h ±
0°1	0,006	3°1	0,193	6°1	0,581	9°1	0,969	12°1	0,756
0,2	0,012	3,2	0,199	6,2	0,587	9,2	0,975	12,2	0,762
0,3	0,019	3,3	0,205	6,3	0,593	9,3	0,981	12,3	0,768
0,4	0,026	3,4	0,211	6,4	0,599	9,4	0,987	12,4	0,774
0,5	0,031	3,5	0,219	6,5	0,606	9,5	0,994	12,5	0,781
0,6	0,037	3,6	0,225	6,6	0,612	9,6	0,999	12,6	0,787
0,7	0,043	3,7	0,231	6,7	0,618	9,7	0,997	12,7	0,793
0,8	0,049	3,8	0,237	6,8	0,624	9,8	0,995	12,8	0,799
0,9	0,056	3,9	0,243	6,9	0,630	9,9	0,999	12,9	0,805
1,0	0,063	4,0	0,250	7,0	0,637	10,0	0,995	13,0	0,812
1,1	0,070	4,1	0,256	7,1	0,643	10,1	0,991	13,1	0,818
1,2	0,075	4,2	0,262	7,2	0,649	10,2	0,987	13,2	0,824
1,3	0,081	4,3	0,268	7,3	0,655	10,3	0,983	13,3	0,830
1,4	0,088	4,4	0,274	7,4	0,661	10,4	0,979	13,4	0,836
1,5	0,094	4,5	0,281	7,5	0,667	10,5	0,975	13,5	0,842
1,6	0,100	4,6	0,287	7,6	0,674	10,6	0,971	13,6	0,849
1,7	0,105	4,7	0,293	7,7	0,681	10,7	0,967	13,7	0,855
1,8	0,111	4,8	0,299	7,8	0,687	10,8	0,963	13,8	0,861
1,9	0,118	4,9	0,306	7,9	0,693	10,9	0,959	13,9	0,867
2,0	0,125	5,0	0,313	8,0	0,699	11,0	0,955	14,0	0,875
2,1	0,131	5,1	0,319	8,1	0,706	11,1	0,951	14,1	0,881
2,2	0,137	5,2	0,327	8,2	0,712	11,2	0,947	14,2	0,887
2,3	0,143	5,3	0,331	8,3	0,718	11,3	0,943	14,3	0,893
2,4	0,149	5,4	0,337	8,4	0,724	11,4	0,939	14,4	0,899
2,5	0,156	5,5	0,343	8,5	0,731	11,5	0,935	14,5	0,906
2,6	0,162	5,6	0,350	8,6	0,738	11,6	0,931	14,6	0,912
2,7	0,168	5,7	0,356	8,7	0,744	11,7	0,927	14,7	0,918
2,8	0,174	5,8	0,361	8,8	0,750	11,8	0,923	14,8	0,924
2,9	0,180	5,9	0,368	8,9	0,756	11,9	0,919	14,9	0,931
3,0	0,187	6,0	0,375	9,0	0,763	12,0	0,915	15,0	0,938

On sera bien aise, sans doute, de comparer avec d'autres formules les résultats que nous venons de développer. Nous allons donc joindre ici les plus usitées de ces formules.

1.^e D'après M. Trembley,

$$r = (\log. h - \log. h') \left\{ 10000 \left(1 + \frac{t' - 11,5}{192} \right) \right\}.$$

2.^e D'après M. de Luc,

$$r = [10000 (\log. h - \log. h') - 1,005 d] \cdot \left\{ 1 + \frac{R - 16,7}{192} \right\}.$$

3.^e D'après Shukburgh,

$$r = [10000 (\log. h - \log. h') - 0,990 d] \cdot \left\{ 1 + \frac{R - 11,7}{192} \right\}.$$

4.^e D'après le colonel Roy,

$$r = [10000 (\log. h - \log. h') - 1,055 d] \cdot \left\{ 1 + \frac{R - 11,0}{192} \right\}.$$

Dans ces formules, $\frac{t + t'}{2} = R$, et $\frac{T - T'}{2} = d$.

Elles donnent la hauteur en toises, et sont arrangées pour des degrés de Réaumur.

La formule suivante, insérée dans les Ephémérides de Milan pour 1788, tient à peu près le milieu entre les trois dernières rapportées ci-dessus.

$$r = [10000 (\log. h - \log. h') - 1,02 d] \cdot \left\{ 1 + \frac{R - 12,35}{200} \right\}.$$

Les règles de M. de Luc pour trouver la différence de hauteur de deux lieux (celles données par Shukburgh et Roy sont, au fond, les mêmes, puisqu'elles ne font que modifier les coefficients) supposent que la température de l'air est uniforme depuis la station supérieure. M. Lagrange a montré depuis que, si on fait diminuer la température suivant une progression arithmétique, dans la direction de bas en haut, on en tire à peu près les mêmes résultats qu'on obtient dans l'hypothèse de M. de Luc. Il paroît cependant, suivant les observations de Saussure, que la température diminue plutôt dans une progression harmonique. M. Oriani a donc pensé qu'il seroit utile d'examiner quels changemens il faudroit faire à la formule de M. de Luc pour l'appropriier à cette hypothèse. Voici les résultats qu'il a obtenus,

1.^o D'après M. de Luc,

$$r = 9221 \cdot \frac{2c + T}{c + T} \cdot \left\{ \log. h - \log. h' - 0,0001005 \cdot d \right\}.$$

2.^o D'après Shukburgh,

$$r = 9400 \cdot \frac{2c + T}{c + T} \cdot \left\{ \log. h - \log. h' - 0,0000990 \cdot d \right\}.$$

3.^o D'après Roy,

$$r = 9385 \cdot \frac{2c + T}{c + T} \cdot \left\{ \log. h - \log. h' - 0,0001055 \cdot d \right\}.$$

Dans ces formules on doit faire,

$$c = 1 + \frac{t}{196} \text{ et } T = 1 + \frac{t'}{196} \quad . . . \text{ pour la formule de Deluc;}$$

$$c = 1 + \frac{t}{183} \text{ et } T = 1 + \frac{t'}{183} \quad . . . \text{ pour celle de Shukburgh;}$$

$$c = 1 + \frac{t}{181} \text{ et } T = 1 + \frac{t'}{181} \quad . . . \text{ pour celle de Roy.}$$

On trouve dans le Journal astronomique de M. de Zach (Monatliche Correspondenz, B. II, pag. 515), un Mémoire sur les mesures faites à l'aide du baromètre, dont l'auteur anonyme annonce une connoissance profonde de l'objet qu'il discute. Voici la formule qu'il y développe.

$$r = 10000 \log. \left\{ \frac{h - (t - 10) \frac{h}{379,6}}{h' - (t' - 10) \frac{h'}{379,6}} \right\} + \left[\left(\frac{t' + t}{2} - 12,2 \right) \cdot 53,2 \right] \log. \left\{ \frac{h - (t - 10) \frac{h}{379,6}}{h' - (t' - 10) \frac{h'}{379,6}} \right\}.$$

L'auteur de cette formule a calculé quelques tables auxiliaires très-utiles pour les applications numériques, mais un peu embarrassantes dans les interpolations, les tables étant toutes à doubles entrées.

La table suivante présente la hauteur de Guanajuato calculée d'après les neuf méthodes que nous venons d'indiquer; j'y ai ajouté les différences avec le résultat de la formule de M. Laplace.

	piens	metres
Trembley . . .	2080,4	— 5,0
Deluc.	2055,7	— 48,6
Shukburgh . . .	2090,2	+ 5,0
Roy.	2090,1	+ 5,8
Oriani, d'après les	2045,7	— 40,6
changemens faits	2090,5	+ 6,0
à la formule de . .	2090,2	+ 5,9
Correspondance		
de M. de Zach,		
tom. II.	2084,6	+ 0,5
Eph. de Milan,		
1788.	2081,5	— 2,8



DE LA CAPITANIA GENERAL DE CARACCAS.

LIEUX DES OBSERVATIONS.

ELEVATION
ou descente
DU NIVAU DE LA MER,
par la formule
DE M. LAPLACE.

PIEDS.	MÈTRES.
--------	---------

I. PROVINCE DE LA NOUVELLE-ANDALOUSIE OU DE CUMANA.

A. VOYAGE AUX MONTAGNES DU COCOLLAR,

AU MOIS DE SEPTEMBRE 1799.

1	CYRACA, port (lat. 10° 22' 49" long. 4° 36' 50"). Température moyenne au bord de la mer, 25° centigrades (1). Hauteur moyenne du baromètre 6,76302 ou 237, 8 lignes.	3	5,8
2	QUEZEPPE, habitation de don Juan Peley, près d'une source, dont la température est de 22°, 5, l'air étant à 28°, 7.	190	372
3	CASA DE LA POLVORA, magasin de poudre, sur la pente boréale du Cerro del Imposible (poste militaire).	246	482
4	CERRO DEL LA FORTALEZA, montagnes de grès, au sud du village de San Fernando.	297	579
5	CARAMACOA, ville (lat. 10° 6' 11" long. 4° 25' 15"), dans une vallée entourée de montagnes calcaires.	104	202
6	CASO DEL COCOLLAR ou Cogolier, habitation de don Mathias Yierburi, au milieu des montagnes (lat. 10° 9' 36", long. 4° 25' 12"); température des sources à 21°, l'air étant le jour 22°, la nuit 14°.	408	795
7	TURINQUIRI (Turinquiri) cime, à l'est de pic grotesque appelé Cacurecho du Turinquiri.	707	1377

B. VOYAGE AU COUVET DE CARIBE ET A LA CAVERNE DU GUACHARO,

AU MOIS DE SEPTEMBRE 1799.

8	SAN ANTONIO, village indien dans une vallée à l'est des Cordillères des Jeppes et du Pantana.	210	412
9	GUARACUANA, mission indienne dans une vallée qui communique aux Llanos (plains ou savanes) de Terren, au nord-est des rivières Colorado et Guarapiche.	219	426
10	CUCUJALA DE GUARACUANA, le plus haut de chemin d'une route escarpée, qui sépare la vallée de Guaracuan de celle de Caripe.	518	1069
11	CARIBE, hopylog, chef-lieu des missions des Indiens Chaymas (lat. 10° 12' 14", long. 4° 24' 52"). Température le jour, 21° 22; la nuit, 15°, dans une vallée ornée de palmiers, et entourée de montagnes calcaires de la formation du Jura (Jurassic).	410	804
12	ENTRÉE DE LA CAVERNE DU GUACHARO, habitée par une innombrable quantité de		

(1) Dans cet ouvrage astronomique, comme dans tous ceux qui ont rapport à mon expédition aux régions équinoxiales du nouveau continent, les températures sont indiquées d'après le thermomètre centigrade, chaque fois que le contraire n'est pas donné directement. Les latitudes et les longitudes des lieux se trouvent sur mes propres observations. H.

DE LA CAPITANIA GENERAL DE CARACCAS.

	LIEUX DES OBSERVATIONS	ÉLEVATION au-dessus DU NIVEAU DE LA MER, par la formule DE LAPLACE	
		TOISES	MÈTRES
	espérillous, au bord d'une petite rivière qui sort de la caverna, et dont la température au de 10°. Le Cauter del Guehuon est l'ancien (le schick) des Indiens Chaymas.....	508	946
13	GUAYRA DE SAN ANTONIO, vallée, fond d'un ancien lac (poste militaire).....	533	1039
14	SANTA CARA, village indien au milieu d'une forêt épaisse. Température à 18° de 24°	160	312
15	CARACAS, village indien à l'est des montagnes de grès décomposés, connus sous le nom de Saco-Montes.....	189	368
16	CARACAS, petite ville à l'est du golfe de ce nom. Température le jour, 26° — 33°; la nuit, 22° — 25°	5	97
II. PROVINCE DE VENEZUELA OU DE CARACCAS.			
A. VOYAGE DE LA GUAYRA A CARACCAS,			
AU MOIS DE JANVIER 1800.			
17	LA GUAYRA, port (lat. 10° 36' 19", long. 4° 37' 48"). Température moyenne, 26° 5.	4	77
18	NARQUEY, village à l'ouest de la Guayra, sur une colline	18	35
19	VENTA CRUZE, suberge à moitié chemin de Caracas à la Guayra, lat. 10° 33' 9", long. 4° 37' 51".	606	1189
20	VENTA CRUZE DE LA CERRADA, température à 23° 18' 7", sur le revers de la Sierra de Avila	755	1459
21	FORTE DE LA CUCUTELA, une des fortifications construites entre la Guayra et Caracas pour la défense de la capitale	807	1573
22	VENTA CRUZE DE SANCERQUEY, suberge située sur la pente australe de la Sierra de Avila	763	1487
23	FORTE DE SANCERQUEY, source qui sort de grès feuilleté (Gneiss); sa température est de 10° 3	726	1416
24	VENTA CRUZE DE LA CATA, à deux lieues de la ville de Caracas	760	1483
25	CITA DE LA GUAYRA, colline granitique. La roche de Gueles contient de l'oxide rouge de titane	639	1233
26	CARACAS, ville (à la Santísima Trinidad) lat. 10° 30' 50"; long. 4° 37' 40"; température depuis le mois de novembre 1799 jusqu'en février 1800; maximum 32° 3; minimum 12° 4	454	886
27	— à la douane	491	958
28	— à la grande place	546	1061
29	— au bord du Rio Guayra	414	806
30	— à la caserna	462	909

DE LA CAPITANIA GENERAL DE CARACCAS.

LIEUX DES OBSERVATIONS		ÉLEVATION en mètres ou NIVELLES DE LA MER, par la formule DE M. LAPLACE	
		TOISES	MÈTRES
B. VOYAGE DE CARACCAS A LA SILLA, CIME DE LA SIERRA DE AVILA,			
AU MOIS DE JANVIER 1800.			
31	AT PIED DE LA SILLA, dans la vallée de Camoma, à l'habitation de don Pedro Gallegos.	500	975
32	PUNTA DE LA SILLA, sur une crête au-dessus de la maison de Muñoz et du ravin de Chacuito.	683	1333
33	EL PRATIAL, à l'entrée d'un bosquet d'anciennes et de bafarés.	993	1936
34	LA VALLÉE ENTRE LES CERCOS DE LA SILLA, au milieu d'une forêt épaisse de solanum; température à 1 ^h 37' de 11°.	1170	2381
35	CERVO EN LA SILLA DE CARACCAS, pic le plus élevé de la Sierra de Avila, rocher de granit, qui fait transition au granit; lat. 10° 31' 5"; long. 41° 37' 20".	1350	2631
C. VOYAGE DE CARACCAS AUX VALLÉES D'ARAGUA ET AUX LLANOS DEL APURE,			
AUX MOIS DE FÉVRIER, DE MARS ET D'AVRIL 1800.			
36	HACIENDA DE DON FERRANDO KEY, plantation de canne à sucre entre Antimano et la Sierra del Higuerote.	463	902
37	COLLINE DE BOBAYATA, dans la chaîne de montagnes qui séparent la vallée de Caracas de celle du Tuy.	835	1618
38	SAN PABLO, petit village au milieu d'une vallée étroite.	384	1139
39	CERVO ou SAN PABLO, montagnes de schiste micacé, contenant des couches de serpentine.	845	1617
40	HACIENDA DEL TUY, habitation de don Jose Monterola; lat. 10° 16' 44"; long. 41° 39' 16".	395	576
41	LA VICTORIA, ville (lat. 10° 13' 35"; long. 41° 39' 23"), entourée de collines calcaires, près de la petite rivière de Calancha.	269	505
42	CFIA, habitation du comte don Domingo Torz, dans les vallées d'Aragua, entre Marieta et la Punta Zamora; lat. 10° 15' 40"; long. 41° 41' 1".	226	441
43	NUEVA VALENCEIA, ville (lat. 10° 9' 36"; long. 41° 42' 15"), au bord du Rio de Valencia, qui se jette dans la rivière de Guatuparo.	234	456
44	GRACARA, village indien appartenant au marquis del Toro; lat. 10° 11' 23"; long. 41° 41' 45".	269	505
45	GUICHA, village au bord occidental du lac de Valencia, jadis appelé lac de Tacarigua; lat. 10° 4' 11"; long. 41° 41' 40".	202	410
46	VILLA DE CFIA, ville, lat. 10° 2' 47"; long. 41° 40' 20", dans la chaîne de montagnes qui sépare les vallées d'Aragua des Llanos de l'Apura et de l'Orénoque.	266	519

Astronomie.

40

DE LA CAPITANIA GENERAL DE CARACCAS.

	LIEUX DES OBSERVATIONS	ÉLEVATION	
		en toises	
		sur l'échelle de la mer, par la formule DE M. LAPLACE	
		THÉOR.	RETR.
47	SAN JOAN, petit village sur une rivière, dont le lit est de basalte et de diabase (Granstein), au pied des Morros de San Juan, lat. 9° 55' N., long. 64° 41' E....	194	379
48	PACAPARA, village près des ruines de Malpaso et Piedra Asada (le schiste primitif y repose sur la granit feuilleté ou gneiss).....	85	169
49	EL CAÑAL, métairie dans les plaines ou savannes immenses (Llanos) qui s'étendent depuis les Cordillères d'Occidente, de los Yegues et de la Villa de Cura jusqu'à l'Apure et à l'Orénoque.....	52	101
50	CALABO, ville au milieu des Llanos. Température le jour, 33-34°; la nuit, 30-31° (lat. 8° 56' N., long. 64° 41' E.).....	96	184
51	GUAYANA, village dans la savanne (Llanos) 6 mètres au-dessus du niveau des eaux de Rio Guayana.....	24	48
52	SAN FERNANDO DE APOE, village sur la rive méridionale de la grande rivière de l'Apure, dans la province de Vichana, lat. 7° 53' N., long. 64° 41' E.....	34	67

III. PROVINCE DE LA GUAYANE (GUIANE ESPAGNOLE).			
NAVIGATION SUR LES RIVIÈRES DE L'ORÉNOQUE, DE L'ATABAPO, DU GUAINIA (Rio Negro) ET DU CASIQUIARE,			
AUX MOIS D'AVRIL, DE MAI ET DE JUIN 1800.			
53	MATUPES, village de mission près des grands Rapides ou Cataractes (Amdales) de l'Orénoque, lat. 2° 13' N., long. 64° 41' E.; mesure barométrique douteuse....	93	185
54	SAN FERNANDO DE ATABAPO, village de missions indiennes, résidence du président des Pères de Saint François (Observants), vis-à-vis l'embouchure du Rio Guaviare; lat. 4° 41' N., long. 64° 41' E.....	122	239
55	JAYITA, mission indienne au milieu d'une forêt épaisse, sur les bords du Rio Temi, dans des plaines couvertes de grès, qui s'étendent depuis la Cordillère de la Patience ou de l'Alto Orinoco jusqu'aux montagnes de Chiquitos ou de Santa-Cruz de la Sierra, lat. 2° 41' N., long. 64° 41' E.....	166	323
56	EMERALDA, mission, la plus orientale des établissements espagnols de la Guayana, au pied de la grande montagne de Duida, au bord de l'Orénoque, lat. 2° 11' N., long. 64° 33' E.....	177	359
57	SAN CARLOS DEL RIO NEGRO, sur les bords de Guainia, la plus méridionale des missions espagnoles de la Guayana, près de la frontière du Brésil (Capitania General de Gera Foz), lat. 2° 53' N., long. 64° 39' E.....	197	398

DU ROYAUME DE LA NOUVELLE-GRENADE.

LIEUX DES OBSERVATIONS.		ÉLEVATION	
		en toises	en mètres
		DU NIVEAU DE LA MER, par la formule, DE M. LAPLACE.	
		TOISES	MÈTRES
IV. ROY. DE LA NOUVELLE GRENADE (NUEVO REYNO DE GRANADA).			
A. NAVIGATION SUR LA RIVIÈRE DE LA MAGDELEINE,			
en remontant de Mahates à Honda,			
DANS LES MOIS D'AVRIL, DE MAI ET DE JUIN 1801.			
58	THERRAC, village sur un plateau au sud de Carthagène des Indes, lat. 10° 18' 5", long. 54° 10' 45" observation barométrique un peu douteuse.....	186,6	363,6
59	MORON, ville sur les bords du Rio de la Magdalena, 4 mètres au-dessus du niveau moyen des eaux, lat. 9° 14' 30", long. 54° 5' 11".....	65,9	128,5
60	MUÑALBA, village entre le Regidor et Babillos, lat. 8° 15' 3", long. 54° 5' 25".....	70,5	137,89
61	ARCOTON de CAABE, à la maison (Rancho) des douaniers, en fumée décelée entre Putaria et la Boca de Nares observation barométrique douteuse.....	141,9	278,4
62	HONDA, ville très-commercante, située sur les bords du Rio Guadalupe, dans une vallée étroite, environnée de hautes montagnes de grès, lat. 5° 11' 45", long. 54° 8' 5". Température, maximum 31°, minimum 25°, bouguer dit (Figure de la terre, p. 92) que le baromètre se soutient à Honda à 329,7 lignes.....	178,2	347,3
63	Passage du MARIACA, aux bords de la rivière de la Magdalena dans la Llano grande (au mois de septembre 1801) température le jour, 30°-33°.....	187,7	365,8
B. VOYAGE DE HONDA AU PLATEAU DE SANTA FE DE BOGOTÁ,			
AU MOIS DE JUIN 1801.			
64	ALTO DE LAS CAVERAS, sur la pente occidentale de la montagne du Serpente, entre Honda et Guadalupe.....	472,1	893,6
65	SALTO DEL FRATEL, sur la même pente, près d'un précipice.....	284,5	559,1
66	EL SACACENTO, cime de la montagne de grès d'où l'on jouit d'une vue magnifique sur la Cordillère des Andes, surtout sur la Parana de Ruiz et le pic de Tolima, couverts de neiges éternelles.....	860,5	1677,1
67	GRANDAS, ville, à la maison du corrégidor don José ACOSTA. On cultive le sucre dans cette vallée et dans ses environs, jusqu'à 2700 mètres de hauteur au-dessus du niveau de l'Océan.....	569,6	1149,1
68	CORRA, métairie entourée de bosquets de Welismanna, temp. à peine de 10° à 10h du matin.....	699,3	1366,3
69	VILLETA, village dans une vallée assez large, entourée de rochers de schiste primitif.....	556,6	1084,9
70	MATE, maisons isolées.....	767,5	1495,9
71	EL GRATATAL, station de muletiers dans la forêt, en milieu des montagnes.....	880,9	1716,0
72	ALTO DE GASCAS, température à midi de 15°.....	908,2	1769,8
73	EL ANDEBAREAO, dans une forêt de chênes et de quinquina.....	1216,5	2366,8
74	ALTO DE RUMEX, près de la Boca del Monte, à l'entrée du grand plateau de Bogotá, où, en abondamment un sentier, qui soutient à 6 pas neuf décimètres de largeur, on peut continuer le voyage en voiture.....	1387,9	2774,4

DU ROYAUME DE LA NOUVELLE-GRENADE.

LIEUX DES OBSERVATIONS.	HEURE de l'obser- vation.	THERMOMÈTRE de RÉAUMUR. à l'air de l'obser- vation.		HAUTEUR barométr. en LIGNES de pied de Paris.	ÉLEVATION en toises DE NIVEAU DE LA MER, par le baromètre DE M. LAPLACE. TOISES MÈTRES.	
C. GRANDES PLAINES DE BOGOTA,						
AUX MOIS DE JUILLET ET SEPTEMBRE 1801.						
75 CAPILLA DE N. ^{re} S. ^{re} DE LA GUARANDA, à l'est de la capitale de Santa Fe, chapelle située sur la pente occidentale de la Cordillère de Chiquito, qui sépare la plaine de Bogota des plaines de Mota.....	6	8,5	10	2999,9	1667,7	3289,4
76 CAPILLA DE N. ^{re} S. ^{re} DE MONSERRATE, chapelle située sur la même pente, un peu plus au nord.	23	10	12	2994,4	1656,1	3256,1
77 CAPILLA DE N. ^{re} S. ^{re} DEL ESPINO, sacristie près de la porte orientale de Santa Fe.....	21	14	15	2966,9	1599,9	3278,4
78 CAPILLA DE N. ^{re} S. ^{re} DE BETHLEEM, sacristie de Notre-Dame de Bethléem, à l'est de Santa Fe, sur un rocher de pierre calcaire, qui est sur- posé sur du grès.....	21	13,7	15	2948,8	1564,6	3259,8
79 SANTA FE DE BOGOTA, capitale du royaume de la Nouvelle-Grenade, située dans une grande plaine qui, d'après la mythologie des Indiens Muis- cas, étoit le fond de l'ancien lac Fenchu. Hauteur du puy de la cathédrale. (Lat. 4° 35' 48", long. 76° 22", température moyenne, à peu près 16,5.)		14	16	2948,5	1565,6	3266,4
80 SCACUA, village dans le chemin de Santa Fe à la cascade de Tequendama; maison de curé, la Père Palomo.....	18	13	14	2949,4	1546,8	3253,3
81 CAJINO, à l'ouest de la métairie de Canosa, sur la hauteur de laquelle on descend au Salto.....	20	14	15	2948,2	1575,2	3265,8
82 SAKO DE TEQUENDAMA, sur rocher de grès du quel se précipite la rivière de Bogota, appelée plus bas Rio de la Mesa ou de Torajima. Hauteur de la cascade, 175 mètres.....	21	15,5	17	2946,8	1565,8	3267,1
83 AU PIED DE LA CASCADE DE TEQUENDAMA, dans le lit de la rivière, autant que l'insécurité du courant permet de s'approcher de la cascade, au- dessus de la Quebrada de la Fovena.....	1	13	14	2936,6	1594,9	3233,8
D. VOYAGE DE SANTA FE DE BOGOTA A IBAGUE,						
AU MOIS DE SEPTEMBRE 1801.						
84 PRETA CLAREN, maisons isolées dans la plaine de Bogota, au nord de Sibate, température, le soir, 8° 7'.....	6	10	12	2948,3	1547,8	3262,9

DU ROYAUME DE LA NOUVELLE-GRENADE.

	LIEUX DES OBSERVATIONS.	HEURE de l'obser- vation.	THERMOMÈTRE de SAUNUS.		HAUTEUR barométrique DE L'AIR du pied de Paris.	ÉLEVATION au-dessus DU NIVEL DE LA MER, par la formule DE M. LA PLACE.		
			à l'air.	du baro- mètre.		VOIES.	MÈTRES.	
85	PARANO DE S. ^e FORTUNATO, sur le dos d'une chaîne de montagnes qui se prolonge depuis l'aine aux cimes de la Soma Pas.....	23	9	10	241,1	1683,3	2821,1	
86	FUENAGUAGA, village dans une vallée qui se joint à la Mesa de los Limones, maison de don Jorge Lasso (lat. 4° 26' 21" long. 56° 7' 14")....	31	18	18,4	274,5	259,9	1821,9	
87	HATO DE QUENADO, métairie entre le Rio del Perico et le Rio de la Legua.....	19	18	19	285,4	259,6	1486,6	
88	PARDI DE MISCARIAL, village indien; maison du curé, don Juan Portas.....	18	19	20	301,2	512,3	1027,9	
89	PORT SANTIAGO, rocher de grès en forme d'arche, au sud-ouest du village de Pando, à 100 mètres de hauteur au-dessus des eaux moyennes du Rio de la Soma Pas.....	23	23	23	306,0	458,6	895,9	
90	CERRO DE PONTACHULO, cime de la montagne (formation de grès contenant des pétrifications microscopiques, de trochites).....	4	19	20	323,6	255,7	1862,7	
91	CERRO DE QUELANARA, cabane indienne au pied de la montagne; température, la nuit, 29°.....	31	23	25	320,5	251,2	189,6	
92	PICALA, à l'est de Neigar, dans le Llano grande.	1	24	25,4	321,5	231,0	450,2	
93	TANCO, au passage de Rio de Fuenagaga, depuis la vallée qui s'étend depuis le pied de la Cuesta de Quelamara jusque vers San Luis.....	21	23	24	323,2	210,9	412,0	
94	PAGO DE LA GUAYACANA, au débouché du Rio de la Magdalena, entre les embouchures de Rio Fuenagaga et du Rio Tocuyana.....	31	21	23	324,7	188,5	368,3	
95	ESPIRAL, au pied à l'ouest de la rivière de la Magdalena.....	30	20	22	322,7	212,8	416,2	
96	CONTERAS, habitation de don Luis Calcedo, à l'est des Cerros de San Lorenzo, qui s'étendent jusqu'aux Terres de Doyana. Long. 56° 9' 58".	21	23	24	316,6	302,3	594,8	
97	MESA DE COELLO, entre le Rio Lata et le Rio Curillo.....	7	19	20	307,7	417,4	812,5	
E. PASSAGE DE LA CORDILLÈRE CENTRALE DES ANDES								
par la montagne de Quindia,								
AU MOIS D'OCTOBRE 1801.								
98	INACET, ville dans la vallée de Combeima, lat. 4° 27' 45", long. 56° 10' 41". Temp. le jour 23°-25°, la nuit 18°-20°.....	0	18	19	288,9	702,9	1369,9	

DU ROYAUME DE LA NOUVELLE-GRENADE.

	LIEUX DES OBSERVATIONS.	HEURE de l'obser- vation.	THERMOMÈTRE de SAVANNES.		HAUTEUR barométrique EN LIGNES de pied de Paris.	ÉLEVATION en toises DE NIVEAU SUR LA MER, par la formule DE M. LAPLACE.	
			à l'air libre.	de l'ob- servation.		Ombre.	Soleil.
99	VALLÉE DE CARAYAJAL, près d'Inogua, plaine dans laquelle j'ai mesuré le stèle tronqué de Tolima, couverts de neiges éternelles.....	6	17	18	299,6	669,2	1304,4
100	PIC DE LA CUESTA DE TOLIMA, commencement du passage de Quindío (granit), latit. 4° 26' 25", long. 54° 16' 43".....	5	13,5	16	288,1	699,8	1361,9
101	LA PALMILLA, station des Carepatones, granit à petite graine.....	22	17	18	283,0	1227,7	1199,8
102	EL MORAL, maisons de mélin, à l'est de route de l'Asesol (filons remplis de soufre dans du schiste micacé).....	3	16,5	18	266,0	1065,3	907,5
103	PANZO DEL MACHIN, pontage du Rio Cuello ou San Juan. Ce point, et les dix suivants, sont des stations dans lesquelles on croche à la belle étoile.	3	17	19	268,2	1030,7	1008,9
104	QUEBRADA DE TOCHA, ruiss. arcté d'une riche végétation. Le Rio Tocha tombe dans le Rio Cuello.....	5	15	17	266,7	1048,5	1043,5
105	ALTO DE LAS SEPULTURAS, à l'est de ruiss. de Tres Cruces, qui se jette dans le Rio Tocha...	21	16	17,4	268,2	1077,0	1085,8
106	LOS GALERON. (Le granit et le schiste micacé ne paraissent couvrir le Nevado de Quindío que jusqu'à une centaine de toises).....	20	15	16	268,0	1082,5	1094,6
107	QUEBRADA DE TOCHECITO, à l'est de ruiss. de San Rafael.....	20	17	18	266,7	1049,9	1031,0
108	LA SERA. Le granit y reparait, mais postérieurement de nouvelle formation.....	23	14	15	257,5	1015,3	1048,3
109	LOS VOLCANITOS, au pied du Nevado de San Juan, près de Boqueron del Paramo, long. 54° 14' 41", 5.	5	10	13	259,5	1028,0	1099,7
110	LA GARITA DEL PARAMO (le plus haut de passage de Quindío, crete des Andes, point de partage des eaux).....	23	15	16	256,0	1008,6	1066,6
111	EL TUCUYAN (granit), sur la pente occidentale de la Cordillère des Andes.....	23	16	17	256,5	1029,9	1041,2
112	QUEBRADA DE BOQUILA (schiste micacé). Le Rio de Boquila se jette dans le Rio de Quindío, qui lui-même verse ses eaux dans le Rio Labiana...	20	17	17,5	254,0	990,2	1003,6
113	EL PONTICORDO DE QUINDIO, schiste micacé (glimmer schiefer), au nord de Rio Labiana, qui se jette dans la grande rivière de Cauca.....	19	16	17	257,5	1044,4	1035,6
114	CANTARON, ville de la province de Popayan, dans la belle vallée de Cauca, sur bords du Rio Labiana (lat. 4° 44' 50", long. 54° 13' 45").....	29	20	21	203,0	694,5	963,8

DU ROYAUME DE LA NOUVELLE-GRENADE.

LIEUX DES OBSERVATIONS.	HEURE de l'obser- vation.	THERMOMÈTRE de réaumur.		HAUTEUR barométrique en lignes du pied de Paris.	ELEVATION en toises du niveau des mers, par la formule DE M. LAPLACE.		
		à l'air.	du baromètre.		TOISES.	MÈTRES.	
F. VOYAGE DE CARTHAGO A POPAYAN, A L'OCCIDENT DE LA CORDILLÈRE CENTRALE DES ANDES, AU MOIS D'OCTOBRE 1801.							
115	En NARAGO, méairie au sud-ouest du Nevado de San Juan, au nord-est de village de Roldanillo.....	5	18	19	341,5	565,5	985,1
116	Ar Rio de la PARRA, qui se jette dans la grande rivière de Cauca, vis-à-vis la vallée de Canasucua. La partie la plus basse de la vallée de Cauca est remplie de grès, sur lequel repose, près de Cali, de la pierre calcaire compacte et du grès secondaire.....	19	16	17	302,8	484,8	952,9
117	TOTA, village au sud des petites chaînes de Savelata et Tolca, à l'est de la haute cime de Barragan, couverte de neiges éternelles.....	2	17	17,3	301,8	499,4	973,5
118	BUGA, ville (à la grande place, maison de don Luis Becerra), au bord du Rio de la Piedra, au nord-ouest de Paramo de Chiche, une des hautes cimes érythraïques de la Cordillère centrale des Andes. Lat. 3° 55' 30", long. 76° 14' 47".....	11	18	19	300,5	498,7	971,9
119	QUEILICHO, village (à la grande place) entre les petites rivières de los Peños et d'Agua Blanca. Depuis Caloto à Alagria, une formation d'argile ferrugineuse, qui repose sur des fragments détachés de granité. L'or de lavage est caché dans les interstices de ces fragments : Gerolle.....	7	16	17	297,2	506,3	1101,9
120	ALGONIA, méairie sur le Rio de Paz, qui se jette dans le Rio Mandira, dans la paroisse de Quina Mayor.....	20	17	18	297,7	506,9	1091,3
121	CAICAGEN, à l'ouest du Cerro de Nuchique, au sud de la haute cime de Buzo.....	21	18	19	296,1	508,7	1100,9
122	PRICADON, au bord de la rivière de ce nom, qui se jette dans le Rio Cauca.....	19	14	16	287,5	793,3	1549,8
123	VENTA DE PIRADON, métairie isolée sur la rive orientale de Rio Cauca.....	21	16	17	286,7	1012,5	1973,4
124	PALACÉ, au bord de la rivière de ce nom (formation de diabase en boudes à couches concentriques, encaissées dans des bancs d'argile).....	23	17	17,5	273,5	953,5	1858,5
125	POPAYAN, capitale de la province de ce nom, siège d'un évêché, à le Pim Mayor, au pied de la colline porphyritique de la Emma, à l'ouest des deux grande volcans de Fencé et de Solara; lat. 2° 36' 15", long. 76° 15' 50".....	18	15	17	275,4	911,1	1772,1

DU ROYAUME DE LA NOUVELE-GRENADE.

LIEUX DES OBSERVATIONS.	HEURE de l'obser- vation.	THERMOMÈTRE de Réaumur.		HAUTEUR barométr. en lignes du pied de Paris.	ÉLEVATION en toises du NIVEL au LA MER, par la formule DE M. LAPLACE.	
		à l'air libre.	de l'at- mosphère.		TOISES.	MÈTRES.

G. VOYAGE AU VOLCAN DE PURACÉ,							
AU MOIS DE NOVEMBRE 1801.							
126	PURACÉ, au village chez le curé (moine franciscain) au pied du volcan, dans une petite plaine. L'Alto del Corraon, entre le fameux Rio Vinsaga, dont l'eau contient de l'acide sulfurique, et la Quebrada del Molino.....	31	11	13	218,7	1356,1	2613,2
127	VOLCAN DE PURACÉ, vingt toises au-dessus de la grande bouche du volcan (porphyre à base d'obsidienne), par un temps de grande sécheresse.....	23	5	9	200,3	2374,6	4433,2
128	VALLÉE DE COCHERON, ferme sur la pente occidentale du volcan (autour des gravaux colonnaires de Pisoté).....	0	10	12	256,5	1211,6	2361,5
129	PURACÉ, maison de campagne de M. Arbolada, vicair général (prevost) de l'évêque.....	3	14	16	257,0	1210,6	2359,6

H. VOYAGE DE POPAYAN A PASTO PAR ALMAGUER, SUR LA PENTE OCCIDENTALE DES ANDES,							
AUX MOIS DE NOVEMBRE ET DÉCEMBRE 1801.							
130	ALTO DEL PERU, près de Popayan, arête de montagne à l'ouest du Parana de Politar. Point de partage des eaux entre la mer du Sud et la mer des Antilles; schiste micacé.....	30	14	16	272,0	967,1	1886,9
131	ALTO DE QUELQUASÉ, au sud du village de Timblo, à l'ouest du grand volcan de Sotom.....	31	13	16	269,7	1004,6	1957,9
132	VALLÉE DE RIO DE QUELQUASÉ, cette rivière naît au volcan de Sotom, et traverse la vallée de Peña, célèbre à cause de l'insubmersibilité de son climat.....	31	16	19	289,5	700,3	1264,7
133	LA HUAQUETTA, arête de montagne entre le Rio Quelquasé et le Rio Sotom, se prolongeant à l'ouest vers le Cerro Bronco.....	1	16	18,4	274,5	928,0	1808,7
134	VALLÉE DE RIO SANTA, à l'est de son embouchure dans le Rio de Quelquasé. Le schiste micacé se voit toujours depuis l'Alto del Roble, Timblo et les Piedras jusqu'à Quelquasé, entre la Huacchetta et la vallée de Guachicon; cette roche micacée est envahie par un porphyre à base phosphorique.....	23	19	19,4	296,8	588,7	1147,4
135	LA SOTOM, ferme entre le Rio Sotom et le Rio San Pedro, à l'ouest du village de Rio Blanco.....	31	17	17,7	287,0	722,8	1408,8

DU ROYAUME DE LA NOUVELLE-GRENADE.

	LIEUX DES OBSERVATIONS.	DIREC- tion de l'obser- vation.	THERMOMÈTRE de SAATCHY.		HAUTEUR barométrique ANALOGUE du point de part de l'ob- servation.	ÉLÉVATION au-dessus du NIVEAU DE LA MER, par la formule DE M. LAPLACE.		
			à l'air.	de l'ob- jectif.		TOISES.	MÈTRES.	
136	VALLÉE DU RIO GUACHICHO, de Nenas à l'ouest du village de Rio Blanco, à moitié du chemin de Popayan à Almaguer. La rivière de Guachi- cho, après avoir reçu les eaux du Rio San Jorge, se jette dans le Riacho Quilquesa ou de Patia.		21	19	20	264,2	482,3	939,9
137	SAN MIGUEL, ferme, au sud du Rio Puta ou de San Francisco.....		5	15	17	281,5	807,2	1572,8
138	LA ACCEPIRE, village indien, au nord-ouest du Parana de las Papas et du Pic de Socoboni.....		23	16	17,5	267,7	1044,9	2236,6
139	YUCA DE S. LORENZO, village au bord de la rivière de Passiare.....		22	14	17	261,8	1142,9	2227,5
140	PAPITANA, village indien, à l'est des hautes cimes de Cayano et de Julian.....		22	16	18	242,4	1282,3	2694,1
141	EN PARANA DE ALMACUEN, où naît le Rio Mar- mora, à l'est des pics isolés du Parana et de Mamora.....		23	19	18	230,6	1596,9	3266,9
142	ALMACUEN, ville (à la grande place), lat. 1° 54' 42", long. 52° 19' 0".		23	14	16	260,3	1063,9	2268,5
143	VALLÉE DU RIO REU, dans un point où l'on pourrait creuser une galerie d'évacuation pour dessécher les anciennes mines d'Almaguer. Le schiste micacé paraît à découvert depuis Almaguer jusqu'au Rio Yacacaca.....		"	18	19	261,2	832,8	1619,2
144	VALLÉE DU RIO SAN JOSE, qui naît près du vil- lage de Capacoma, et se jette dans le Rio Guachi- cho.....		"	20	23	290,0	677,2	1350,4
145	AUTO ET PARANA DE PITATYMA, à sept lieues à l'ouest du petit village indien de Ponga.....		0	13	15	242,3	1477,9	2878,5
146	VALLÉE DU RIO XAYO, près d'un moulin. Le Rio Xayo se jette dans le Rio de San Jorge, au- dessus de l'embouchure du Rio Sambingo.....		3	17	19	263,7	1118,6	2180,1
147	PARANA DES ACCEPIALES, à l'ouest-nord-ouest du pic glacé l'Incaza, sept lieues à l'est de Mar- cadas.....		5	12	12	232,0	1595,9	3173,9
148	MARACAYO, vallée du Rio Mayo, ancienne limite septentrionale de l'empire de l'Inca.....		19	16	17	265,5	1275,6	2266,4
149	RIO MAYO, au niveau des eaux, au-dessus du vil- lage de San Pablo. (Accumulation de pierres grosses).....		21	15	17	268,4	1231,9	2221,9
150	VILLAGE DE LA COTA, au sud-sud-est de Cerro del Palpito.....		21	15	17,5	254,3	1173,6	2227,3
151	MORTA DE PASTAYAT, cime du Parana, à l'ouest des Volcanes, entre la Sotaventa et Aguacilla.		2	9	12	241,3	1472,6	2879,2

Astronomie,

DU ROYAUME DE LA NOUVELLE-GRENADE.

	LIEUX DES OBSERVATIONS.	HEURE de l'obser- vation.	THERMOMÈTRE de REAUMUR.		HAUTEUR baromètre en LIGNES de pied de Paris.	ÉLEVATION au-dessus du NIVEL DE LA MER, par la formule DE M. LAPLACE.	
			à l'air libre.	du baro- mètre.		MÈTRES.	TOISES.
150	HACIERGA ou LA ENA, ferme entre la montagne de Poraguay et les plaines de Sacandony....	5	18	19	266,3	2664,5	2074,8
153	VALLÉE ou RIO YAGABACATE, entre l'Eze et le Tablon.....	4	17	19	284,0	772,0	1506,4
154	VALLÉE ou RIO JARANNO, qui naît au sud du Paramo d'Apoué, à l'ouest du village de Sacandony.....	23	20	22	286,0	760,3	1481,0
155	VITACAO ou VITACAO, entre le Rio Jarambo et le Rio de Puro, près d'un rocher de porphyre à base argileuse gris-vertâtre; ce porphyre a des pailles magnétiques très-puissantes.....	19	17	19	267,0	1045,7	2038,2
156	HACIERGA ou MOWEN, ferme. Le schiste micacé se voit sous le porphyre.....	20	14	16	251,2	1292,0	2576,7
157	ATO ou ARAGUA. La hacienda au-dessus de la ville de Pasto (schiste micacé).....	1	10	12	236,3	1590,0	3098,9
158	PASTO, ville (à la grande place). Lat. 1° 13' 5", long. 56 20' 4", dans une belle plaine, à l'est d'un volcan, dont la cime se couvre quelquefois de neige....	4	13	15	249,3	1341,0	2615,4

F. VOYAGE DE PASTO A TULCAN, A TRAVERS LA PROVINCE DE LOS PASTOS,

AU MOIS DE DÉCEMBRE 1861.

159	TEINDALA, au sud du village de Yaguanquet....	20	15	17	247,5	1292,7	2716,3
160	VALLÉE ou RIO GRAYATA ou PONI, rivin de plus de 200 toises de profondeur perpendiculaire, au des surs les plus majestueuses et les plus pittoresques des Andes.....	23	18	19	279,7	854,1	1666,7
161	SANTA ROSA, dans une plaine que le Rio del Remadero sépare de la ferme de Querschú.....	20	15	17	250,5	1338,8	2669,3
162	VALLÉE ou RIO SAYTES, qui se jette près de Copeli, dans le Rio Guaitón.....	2	16	18	273,0	1472,0	2807,4
163	COLANQUEZ, ferme à trois lieues au sud-ouest du village de Taqueza, entouré de couches de pierres poncees et d'un porphyre à base de granito, mais quasi et rempli d'amphibole; lieu d'où l'on peut d'une vue magnifique voir les trois volcans de l'Andes, de Corbali et de Chiles.....	18	7	9	236,2	1559,3	3059,1
164	GRAYACATE, village sur le plateau des Potos, à deux lieues au sud d'Ypué (long. 52 22' 21").	21	6	9	233,4	1614,3	3146,4

F. VOYAGE DE PASTO A TULCAN, A TRAVERS LA PROVINCE DE LOS PASTOS,

AU MOIS DE DÉCEMBRE 1801.

159	TRINIDAD, au sud du village de Yaguquer....	20	15	17	247,5	1592,7	2712,3
160	VALLÉE ou RIO GRATANA ou PONI, ravin de plus de 500 mètres de profondeur perpendiculaire, un des sites les plus majestueux et les plus pittoresques des Andes.....	23	18	19	279,3	854,1	1656,7
161	SANTA ROSA, dans une plaine que le Rio del Rosadero sépare de la ferme de Quarcha.....	20	15	17	250,5	1338,8	2692,3
162	VALLÉE ou RIO SAPITE, qui se jette près de Copli, dans le Rio Guaitara.....	2	16	18	283,0	1471,0	2667,4
163	CRILANQUE, ferme à trois lieues au sud-ouest du village de Tuquesa, entouré de couches de pierres ponces et d'un porphyre à base de granito, avec quartz et crinoides d'amphibole; les d'un très grand d'un très magnétique sur les trois volcans de l'Assuel, du Combol et de Chiles....	18	7	9	236,2	1559,3	3059,1
164	GUACACAL, village sur le plateau des Pastos, à deux lieues au sud d'Ypiates (long 56 22' 21").	21	6	9	233,4	1614,3	3146,4

DU ROYAUME DE QUITO.

LIEUX DES OBSERVATIONS.	HEURE de l'obser- vation.	THERMOMÈTRE de CÉLSEIUS, à l'air libre.		HAUTEUR barométrique du baromètre de pied de Paris.	ÉLEVATION so-dite DE NIVELLEMENT MÉR., par la formule DE M. LAPLACE.	
		à l'air libre.	de l'obser- vation.		TOIS.	MÈTRES.
IV. ROYAUME DE QUITO.						
A. VOYAGE DE TULCAN A QUITO.						
AU MOIS DE JANVIER 1802.						
165 TULCAN, village, à l'est du grand Nevado de Chimborazo, et à une lieue et demie au sud des ruines d'un château des Incas, près du rocher de Rumichaca.	30	14	17	237,8	1585,8	3064,8
166 PARANGA DEL BOLICHER, près de la Puente de Tierra, montagne porphyritique, où naît le Rio Guano, qui, plus bas, prend le nom de Chota ou de Mira.	0	14	14	225,5	1598,3	3064,9
167 CAUWEL, ferme au sud-ouest de Paranga del Boliche.	30	11	13	243,5	1666,0	3082,1
168 TOLA (chez le curé), village à l'ouest de Guano et de la haute cime du Durango, qui, à ce que l'on assure, se voit perpétuellement couverte de neige que depuis quinze à vingt ans.	2	14	16	240,2	1575,8	3058,3
169 HACIENDA DE CRUACA, située à deux lieues de Tola, près d'une montagne, dont les couches argilleuses renferment de grandes masses de soufre natif.	30	16	17	246,5	1613,9	3055,7
170 AYO DE PEGARA, sur la hauteur avant de descendre dans la grande crevasse, appelée la vallée de Rio Chota.	0	14	16	246,2	1606,0	3060,0
171 HACIENDA DE S. VICENTE, dans la vallée de Chota même, sur la rive droite du fleuve.	19	17	18	269,2	1622,8	3093,5
172 PUEBLO DE CHOTA, fond de la vallée de Chota, qui a plus de quinze cents mètres de profondeur perpendiculaire, et à peine trois mille mètres de largeur.	22	18	20	281,5	1627,1	3081,1
173 VILLA DE IBAÑEA, à la grande place, siège d'un corregidor, au pied du volcan d'Imbabura, sur les bords du Rio Tiquanda (long. 5° 23' 27").	5	14	16	258,5	1661,3	3080,2
174 GUALLAGUARA, village adossé à des montagnes basaltiques.	00	19	21	269,3	1667,5	3086,5
175 RIO DE GUALLAGUARA, au pont, fond de la vallée qui a huit à neuf cents mètres de profondeur, et dans laquelle se voient des chaînes de soufre.	31	19	22	269,4	1670,8	3087,2
176 QUITO (à la Plaza Mayor) capitale du royaume, résidence d'un président qui dépend du vice-roi.						

DU ROYAUME DE QUITO.

LIEUX DES OBSERVATIONS.	HEURE de l'observa- tion.	THERMOMÈTRE de ASCENSURE, à l'air libre.		HAUTEUR barométrique EN LIGNES du point de Paris.	ÉLÉVATION au-dessus DU NIVEAU DE LA MER, par la formule DE M. LAPLACE.		
		de baro- mètre.	de baro- mètre.		TOISES	MÈTRES	
de la Nouvelle-Grenade. Température moyenne, 14° 8 (lat. 4° 14' australe; long. 54° 34' 22'')...		14	16	2410	1692,8	2928,0	

B. VOYAGES AUX VOLCANS VOISINS DE LA VILLE DE QUITO,

DEPUIS LE MOIS DE FÉVRIER JUSQU'AU MOIS DE JUIN 1802.

177	JATINAC, cime du Fusillo ou du petit cône adossé au volcan de Fichincha, près de la porte septentrionale de la ville de Quito.....	0	13	15	235,6	1601,7	3131,8
178	VALLÉE DE LAGO CAGUITO, au pied du volcan de Fichincha, séparée de la plaine de Quito par la montagne de Lumbini.....	3 1/2	14	16	232,3	1661,1	3039,6
179	EL CROCEO ET CANTERA, belle cascade qui descend du volcan de Fichincha, entre le Conal et la Recoleta, et qui est visible depuis la grande place de Quito.....	19	13	14	208,7	1727,8	3367,5
180	LAGO DE VASCONQUE (au volcan de Fichincha), au-dessus d'Altarcocha, dans la même vallée longitudinale.....	4	16	17,5	208,0	1723,7	4236,6
181	LAGO d'ALTARCocha, au volcan de Fichincha, probablement le fond d'un ancien lac, partie supérieure de la vallée longitudinale comprise entre Fusgo de la Toma et Tablahuma.....	0	16	17,0	204,3	1755,9	4596,8
182	ANTE DE TILAHUMA, au volcan de Fichincha, digne de rochers basaltiques, couverts de pierre ponce, qui réunit le cône des Ladillos au pic grotesque de Tablahuma, et sur laquelle nous déterminâmes la degré de température de l'eau bouillante.....	0 1/2	7	10	197,1	1756,5	4593,0
183	LOS LADILLOS, cône basaltique entre Rem et Guana-Fichincha. On croit y découvrir l'éclosion de la mer du Sud.....	1	3	5	193,5	1709,7	4682,9
184	CIME DE RECU-FICHINCHA (1), le plus oriental des trois rochers en forme de tours, qui bordent le "entier, le même sur lequel j'ai mangé pécir avec l'Indien Philippe Aldas, le 28 mai 1802..	0 1/2	4	7	190,3	1690,8	4854,6
185	CAYLLO, belle maison de campagne de marquis de Selva Alegre, près de la plaine de Cachapamba.						

(1) La grande montagne de Fichincha a quatre cimes principales qui portent des noms particuliers : *Rucaphichincha* (le rocher, le vortex), sur lequel M. de la Condamine a été pendant quelques minutes, mais qu'il n'a pas gravi; le cône de *San Cristóbal*; *Tablahuma*, et *Cachapamba* (le grand trou, le gouffre); une cinquième cime de forme pyramidale, celle à laquelle appartient la croix que appelle *Candapichincha*.

(1) La grande montagne de Fichincha a quatre cimes principales qui portent des noms particuliers : Rucapichincha l'est, le plus, sur lequel M. de la Condamine a été pendant quelques minutes, mais qu'il n'a pas mesuré, le cône de los Ladillos; Tablahuma et Guana-Fichincha (le plus au l'ouest); une cinquième cime de forme grêle et enfilée se prolonge jusqu'à l'extrémité appelée Condurpachuma.

DU ROYAUME DE QUITO.

	LIEUX DES OBSERVATIONS.	HEURE de l'obser- vation.	THERMOMÈTRE de LÉALOUËN,		HAUTEUR barométrique EN LIGNES de pied de Paris.	ÉLÉVATION au-dessus du NIVEAU DE LA MER, par la formule DE M. LAPLACE.	
			à l'air libre.	du baro- mètre.		TOISES.	MÈTRES.
	de laquelle on jouit d'une vue magnifique sur toutes les cimes de Pichincha (long. 54° 34' 33").	19	15	17	2562	1387,3	2614,0
186	CACABO d'ITCHIMBA, au rocher de porphyre am- phibolique, duquel se précipite le Rio Fita, un cort de limes au-dessus de la belle cascade de Chinchina.	20	13	18	2483	1374,6	2679,3
187	SAN ANTONIO DE LULEMBABA, village sous l'équa- teur même.	21	15	17,5	2543	1375,3	2685,6
188	PISTEC, milieu de campagne de don José Aguirre, au pied du volcan d'Antisana, au nord-est du couvertement des laves de Pimantun, qui paraît l'effet d'une éruption latérale (lat. 0° 23' 52", long. 51 25' 52").	5	13	15	2360	1586,1	3092,8
189	HACIENDA DE AYUASCA, métairie de don Juan Sanchez, dans une vaste plaine dans laquelle s'é- leve, en forme d'îlot, la partie d'Antisana cou- verte de neiges perpétuelles (lat. 0° 53' 59" nord).	4	8	9	228,6	2104,5	4102,7
190	CERRA d'ANTISANA, vis-à-vis Chomolongo, couverte d'un porphyre à base de rhyolite et d'obé- dienne, près de la limite inférieure des neiges perpétuelles. La cime du volcan d'Antisana a 5835 mètres au-dessus du niveau de l'Océan.	13	10	11	199,0	2493,6	2860,0
191	PUNTE OCCIDENTALE DU VOLCAN d'ANTISANA, sur le rocher couvert de scories et de pierre ponce. Cette trifurcation de rocher se conserve pas de neige. Point le plus élevé auquel nous parvenons par l'instrument, le 16 mars 1861, à peu près 720 mètres plus haut que la cime du Montblanc, ou que toutes les montagnes de l'ancien continent.	0	15	16	179,1	2337,5	5330,4
192	EL TAMBILLO, ferme de don Jacopo Sanchez, entre les montagnes colossales d'Atacuro et de Pumchus, dans la vallée de Turuchamba, qui se prolonge au sud vers les Andes de Chinchin.	4	16	17	241,3	1490,5	2922,5
193	MULATA, bordure du marquis de Millaflores, au pied du volcan de Cotacapi, et au sud de l'Alto de Tupullo, qui est un point de partage entre l'Océan atlantique et la mer du Sud, donne naissance aux affluents du Rio de Alajques et du Rio de San Pedro.	5	15	17	226,2	1591,7	3102,3
194	PAYACARE, la Casa del Puma, sur la pente mé- ridionale du volcan de Cotacapi, dont la cime est élevée de 5753 mètres au-dessus du niveau des eaux de l'Océan.	2	8	10	219,3	1887,7	3679,2
195	AUTO DE SERRAVAL, au sud-est du cratère du Co- tacapi, près du Pumacura, sur la continuation de						

Astronomie.

45

DU ROYAUME DE QUITO.

LIEUX DES OBSERVATIONS.	HEURE de l'obser- vation.	THERMOMÈTRE de Réaumur.		HAUTEUR barométrique en lignes au pied de Paris.	ÉLEVATION en toises du NIVEL GÉNÉRAL, par la formule DE M. LAPLACE.	
		à l'air libre.	de l'in- strument.		calculée.	observée.

l'arche, qui se prolonge depuis la lac de Yaurico-
cha et du Nevado de Quilichua vers Ichiqui-
sanga.....

31 6 8 261,3 2563,3 4411,3

C. VOYAGE DE QUITO AU VOLCAN DE TUNGURAGUA ET AU NEVADO
DEL CHIMBORAZO,

AU MOIS DE JUIN 1802.

196	LACTACRUE, à la grande place, en plaine entre les ruines de la ville qui, comme Hambuco, Riobamba, Pellico, et tant d'autres villages, a été bouleversée par le tremblement de terre, du 7 février 1797; époque à laquelle périrent en peu de minutes près de quatre habitants du royaume de Quito.....	1	17	19	262,8	1482,3	2888,6
197	Hambuco (maison de M. Desguier, corregidor royal), ville reconstruite, entourée des Alcos de Guecho et de Milladinos, séparée par le Rio Flam- bato de la montagne de Sagatos.....	5	18	19	268,0	1385,1	2609,6
198	PELICO, village, à l'est des collines de Chamagol et de Pucara, près desquelles à en lieu la fameuse éruption de la Moya, substances porphyritiques mélées d'hydrogène de carbone, et analysées par M. M. Voegelin et Klaproth.....	22	15	17	251,8	1317,2	2567,2
199	RIOBAMBA NUEVA (maison de corregidor don Xavier Montalvo), la ville, fondée depuis la ruine de l'ancien Riobamba, dans la vaste plaine de Topis, au pied de l'Altar. Cette cime fut anciennement appelée Caps-Urea, parce qu'elle paraissait plus haute que le Chimborazo. Lat. sept. 1° 41' 40", long. 54° 25' 00".....	3	17	19	262,5	1482,8	2891,2
200	PELICO (maison du curé), village séparé de Gua- nabato par le Rio Chambo. (On trouve près de la bouche du Rio Blanco, au sud-est de Pelico, un superbe groupe de porphyres colonnaires. Ces colonnes ont 5 décimètres de largeur, et 18-20 mètres de hauteur.....)	2	17	18	252,5	1309,4	2538,4
201	RIO PELLO, au pont de Maroma ou de cordage, près de la mine de Gance (extrait sur lequel repos le schiste micacé et le porphyre basaltique de Tunguragua.....)	2	16	17	256,1	1346,7	2418,2
202	COCCHILLA DE GUANABATO, arête de rochers brûlés qui, avant le grand tremblement de terre de 1797, couvrait d'une à six toises de cocchilla colonne. Une muraille basaltique, coupée à pic	2					

DU ROYAUME DE QUITO.

	LIEUX DES OBSERVATIONS.	HEURE de l'obser- vation.	THERMOMÈTRE de HAUTEUR, à l'altitude de l'obser- vation.		HAUTEUR barométrique AP 10000 du pied de Paris.	ÉLEVATION au-dessus du niveau de la mer par la formule DE M. LAPLACE.		
			à l'ob- serv.	de l'ob- serv.		TOURNAI.	MÈTRES.	
	nous avons de cône volcanique de Tungurahua, dont j'ai trouvé la cime élevée de 5000 mètres au-dessus du niveau de l'Océan.	22	14	16	222,5	1687,9	3031,3	
203	CALAI (chez le curé des Joses Zambrano, village au sud-ouest des anciens volcans de Naguan- gachi et d'Yanacura, éloigné au Chimborazo.	22	13	14	224,5	1691,9	3150,4	
204	PENTE ORIENTALE DU CHIMBORAZO, point le plus élevé auquel nous avons porté des instruments. M. M. Bingham, Carlos Montufar et moi, le 23 juin 1802, sur une série (couchille) de rochers porphyritiques. Cette série s'étend sur une dizaine mètres de largeur, et se prolonge entre deux masses de neige molle d'une profondeur incal- culable. Notre station étoit de 1063 mètres plus élevée que la cime du Corazon, à laquelle étoient parvenus, en 1745, les premiers Européens. Elle est de 652 mètres plus haute que la cime du Chimborazo, que j'ai mesurée géométriquement. Elle est de 1200 mètres plus haute que le hori- zon à laquelle M. Gay Lussac a fait des obser- vations sur le magnétisme du globe et sur l'air, le 16 septembre 1805.	2	-1,3	+ 8"	267,0	3016,3	5879,5	
D. VOYAGE SUR LE DOS DE LA CORDILLÈRE DES ANDES, DE RIOBAMBA A LOXA,								
AU MOIS DE JUILLET 1802.								
205	TAMBO DE GUAYOTE, tambo ou courtoisier dans une vallée à l'est des hautes savannes de Tiochara. Roches granitiques avec quelques schistes de mica cristallins. À l'est des mon- tagnes de Condorito, du Cevillan et du Paramo del Finallé, du schiste micacé qui fait transi- tion au gneiss. Au sud de San Luis, du schiste primitif Thonschiefer superposé au gneiss.	3	17	19	235,6	1598,7	3016,0	
206	ALABET, ville près du Tiochara et près du fameux Cerro Quilbo, qui présente une masse immense de schiste micacé avec du quartz, et faisant couche dans le schiste micacé cristallin, orienté, s'1° 13' 30", long. 51° 25' 14".	23	14	16	255,5	1646,1	3430,7	
207	PORALLACTA, village. Schiste micacé, sur lequel sont posées les roches porphyritiques de l'A- mor.	3	15	15	240,5	1638,7	3091,0	
208	CERRO DE SITRAN, dans le Paramo de l'Almuni passage de la Cordillère des Andes, nous dans							

DU ROYAUME DE QUITO.

LIEUX DES OBSERVATIONS.	NIVEL de l'observa- tion.	THERMOMÈTRE de MÉTHER.		HAUTEUR barométrique en lignes du pied de Paris.	ÉLEVATION au-dessus du NIVEAU DE LA MER, par la formule de M. LAPLACE.	
		à l'air libre.	du baro- mètre.		VALEUR.	MÈTRES.
gareux pour les voyageurs. Situé au le point le plus élevé de l'Alto de Filchen.....	19	8	18	207,2	1956,8	3774,8
309 LE PLUS HAUT DE CHEMIN DE L'AMAR, au sud des trois croix de la Ladera de Callad. Poo- phyre à base de trapp.....	23	3	9	193,0	2128,4	4732,9
310 LOS PANDURES, ruines de palais de l'Yncas Ta- payapangi, sur un plateau entre le lac de la Calabritilla et le grand Llano del Follal.....	1	7	5	209,5	2074,0	4442,1
311 TROQUE, ferme de don Mariano Aulo, à deux lieues au nord des fameuses ruines de Cuzco et d'Yagachungu.....	24	7	10	201,1	1663,9	3243,0
312 TAMBO DE BERRAT, après avoir passé l'effroyable Pa- ramo de Yacata. Couches d'argile dans un grès qui repose sur le schiste micacé du Conar. Fort d'embouchure émergation.....	19	10	19	217,5	1550,5	3022,6
313 CUSCA (grande place), ville située entre les trois petites rivières de Machangara, du Nizalero et de Yanacani, dont les eaux sont brunes comme celles du Rio Negro; lat. australe, 2° 53' 3", long 54° 26' 18".....	23	14	16	219,6	1351,3	2633,5
314 CUSCA, village au nord du grand Paramo de Sarra, dans lequel se trouvent de superbes melastomes et des embouchures jusqu'à 3800 mètres d'élé- vation.....	21	12	17	215,5	1417,7	2763,1
315 NABOZ, village au bord du Rio Leonquien, qui se jette dans la rivière de Machala.....	23	10	13	211,7	1413,5	2776,5
316 RIO UTECHUZA, près d'une belle cascade. Le chemin qui mène à la vallée descend plus de 800 mètres en comptant la hauteur perpendi- culaire.....	4	16	14	261,7	1135,5	2213,2
317 OZA, village au nord du Paramo d'Alpachaca, qui à 3800 mètres de hauteur au-dessus du niveau de l'Océan; grès couvert d'une couche de sable magnétique.....	30	14	16	251,7	1260,3	2456,4
318 VALLEE DU RIO SALACUY, de 800 mètres de pro- fondeur dans le Paramo de Sazgarra. Après la montagne de Qahada, ce Paramo est la partie des Andes la plus riche en belles productions végétales.....	4	15	17	260,5	1153,6	2248,1
319 AITE DE PELLA, montagne de grès. Cette roche repose près de Vinayacu, sur un schiste micacé, qui contient une couche de graphite.....	23	10	13	217,4	1564,7	3049,7
320 LARA (à la grande place), ville célèbre par le						

DU ROYAUME DE QUITO.

LIEUX DES OBSERVATIONS.	HEURE de l'obser- vation.	THERMOMÈTRE de SAUNDERS,		HAUTEUR barométrique en lignes de Paris de Paris.	ÉLEVATION en toises DE M. LAPLACE.	
		à l'air libre.	de l'obser- vation.		PRIXES.	MÈTRES.
commerce de l'excellent quinquina (1) qui, dans les montagnes de Caxanama, d'Uristianga et Remisicoma, croît sur du schiste minéral, entre 2700 et 3300 mètres d'élévation, dans des régions dont la température moyenne est de 15 à 20°. Lat. australe, 4° 15', long. 54° 56' 57"......	22	13	17	266,5	1058,7	3063,1
E. VOYAGE DE LOXA A LA PROVINCE DE JÄEN DE BRACAMOROS ET A LA RIVIÈRE DES AMAZONES,						
AU MOIS D'AOUT 1802.						
201 GORANAMA, village indien sur le Rio Caxanama. Schiste primitif. Forêts d'espèces chilimoya et de circomontu aragras; les vaches peignent le fruit du circomontu. Lat. australe, 4° 13' 24', long. 54° 27' 40"......	3	13	16	265,5	1057,3	1097,0
202 LUGARQUE, ferme au sud de Rio Calvas, qui coule dans une vallée de 60 mètres de profondeur, en faisant la limite entre la province de Quito et le royaume du Pérou. Les forêts intermittentes régissent dans les vallées de Calvas et de Caxanama, dont les habitants n'employaient pas le quinquina des forêts voisines.....	30	15	17	268,7	1055,1	1097,9
203 ATAVACA, grand village péruvien, à deux lieues au sud des ruines interrompues du palais de l'Inca à Soguchabamba. Porphyre à base de trapp. Lat. australe, 4° 18', long. 54° 38' 8"......	8	16	19	245,3	1007,0	1047,3
204 LIT DU RIO COTAGO, dans une vallée étroite de 1300 mètres de profondeur perpendiculaire. L'eau de la rivière n'a qu'une température de 16°,7..	8	20,5	23	286,3	756,5	1474,4
205 OLLAROS, ferme, au pied de la grande montagne d'Alpota. Culture de la canne à sucre. Pâis d'OLLAROS, sur un plateau appelé la Plaza del Inca, les ruines d'un palais péruvien.....	30	14	16	285,7	747,8	1457,5
206 YACU, maison isolée dans la vallée du Rio Pacochocha. Pâis de Santa Rosa et Armas, de la vallée qui repose sur du granit.....	4	21	23	299,8	639,0	1547,3
207 GORITAGUACU, village péruvien près de la rivière Cachiyo, qui n'est d'un des trois lacs situés à la cime du pic de Guiergo, non des hautes cimes des Andes. Lat. austr. 4° 52' 28", long. 54° 27' 43"......	7	17	19	291,7	656,6	1577,5

(1) J'ai commencé à recueillir, dans des mémoires insérés dans le Journal de la Société d'histoire naturelle de Berlin, toutes les données relatives à la géographie botanique de Caxanama, à la physique végétale de l'arbre, au commerce avec les divers tribus, et à la crainte répandue en Europe sur la destruction des belles espèces de quinquina.

DU ROYAUME DE QUITO.

	LIEUX DES OBSERVATIONS.	HEURE de l'obser- vation.	THERMOMÈTRE de CÉSARIS,		HAUTEUR BAROMÉTRIQUE SUR L'ÉCHELLE DE PORT DE PARIS.	ÉLÉVATION en mètres DU NIVEL DE LA MER, par la formule DE M. LAPLACE.	
						MÈTRES	MÈTRES
			à l'air libre	de l'at- mosphère.			
228	PASANO DE CHILICAPAS, dans une cabane in- dienne, qui se trouve isolée près d'immenses ruines de l'architecture péruvienne : les bords des Jucas; Passage de la Cordillère des Andes sur le plateau granitique de Pata grande qui est de 300 mètres plus élevée que Chusimay.	30	7	10	247,0	1365,1	2660,6
229	PASANO DE GRABANI, partie des hautes Andes, point de partage entre la mer du Sud et l'Océan atlantique, le Rio de Chusimay versant vers l'est dans le Rio Quimsa, et le Rio de l'Angotura versant vers le sud dans le Marañon.	19	6	9	207,5	1713,9	3340,5
230	GUACABAMBA, grand village péruvien, au sud-est des ruines de Inca Chusimay que les Incas avaient construit sur la crête des Andes, depuis le Cusco à l'Ancash, à trois ou quatre mille mètres de hauteur. Latit. australe, 5° 14' 15", longit. 5° 25' 56".	21	14	17	268,5	1037,7	2003,0
231	SOVANTELLO, village indien de la province de Jaca. Formation de porphyre basaltique très- cristalline, contenant de l'or et du cuivre et de périodes granitiformes (Olivin), ce porphyre ap- partient au schiste micacé de Mandor.	n	16	17	270,0	1004,9	1958,6
232	ZAPACA, ferme : granit sur lequel reposent, près de la de Huacabamba, de schiste primitif et une église identique avec celle de la vallée de Piézen en Saxe.	20	15	17	289,5	681,3	1337,8
233	SAN FELIPE, village auquel nous arrivâmes, après avoir passé en trois jours, au plus grand danger des instruments, des collecteurs et des moute- cris, vingt-sept fois le Rio de Guacabamba, et vingt-trois fois les affluents de cette rivière. Lat. austr. 5° 46' 6", long. 5° 27' 51".	19	15	19	271,5	920,3	1914,5
234	PASANO DE YAMACA, au nord de village de Colmay et de Chusimay. Sous le col de transition de San Felipe, rempli de coquilles pélagiques, sont à Yamaca de schiste primitif.	3	15	15	246,5	1389,3	2727,5
235	INCATAMBO, ferme au sud du village indien de Pomahaca, ce, sur une pente rapide de plus de 1500 mètres de hauteur perpendiculaire : pente que l'on descend depuis Yemoca au Rio de Guacabamba, on voit les restes de la grande cham- pée de l'Inca. Cette champeuse mène de Guacaba- mba par Mandor, Zambo, Pomahaca, les Morales, le long du Rio Choia à Catamarca.	00	16	18	298,5	556,9	1085,3
236	PASANO DE PUCARA, sur le Rio de Chusimay ou de Guacabamba, porphyre à base d'argile, con- tenant de l'amygdaloïde, et ce qui lui sert de base.						

DU ROYAUME DE QUITO.

	LIEUX DES OBSERVATIONS.	HEURE de l'obser- vation.	THERMOMÈTRE de SAUNIER.		HAUTEUR barométrique en lignes au-dessus du point de Paris.	ÉLEVATION au-dessus du NIVEL DE LA MER, par la formule DE M. LAPLACE.	
			à l'alti- tude.	de l'atmo- sphère.		en toises.	mètres.
	dans les porphyres des Andes et du Mexique, entre le feld-spath vitreux, un peu de feld-spath commun. Lat. austr. 5° 56' 40", long. 54° 37' 00".....	5	25,5	23	322,3	562,7	970,8
237	Las Huerfanas, ferme dans la vallée du Rio Chamayo, qui en cultive par l'excellence des oranges qu'elle produit.....	21	23	24	495,3	495,3	965,4
238	PASSO DE MATAZA, gué par le Rio de Chamayo. Schiste amphibolique (Hornblendschiefer), sous lequel le granit vient au jour à Nivato.....	20	21,7	23	327,7	431,8	841,7
239	PASSO DE CAYCO, gué par le Rio de Chamayo, au-dessus de l'embouchure du Rio de Guayabamba, qui vient du village de Chontali.....	19	17	19	312,5	352,4	682,9
240	PASSO DE CASHAYA, gué de la rivière de ce nom, vis-à-vis le village de Chamayo; grès d'ancienne formation (Tutes liegende).....	20	22	24	310,7	282,3	565,4
241	EMBOUCHEURE DU RIO DE CASHAYA, dans la rivière des Amosones, au-dessous du village de Chorra. Ces hauteurs (n. 236—241) ont été prises pour connaître le chute progressive de la rivière de Chamayo. Lat. austr. 5° 43' 45", long. 54° 24' 37".....	19	20	22	321,7	224,7	437,0
242	TORREDA, sur le Rio Chichipe, village, rési- dence du gouverneur de la province de Juan de Bancameros, qui cependant séjourne aussi quel- quefois à San Felipe et à la ville de Juan. Lat. équatoriale, 5° 31' 26", long. 54° 23' 50".....	21	19,2	21	323,2	227,2	403,4
243	RIVIÈRE DES AMARONES, sur sa rive gauche, vis- à-vis le Pungo (la Cataracte) de Bentemo; pierres calcaires alpines (Alpenkalksteine) identiques avec celles de Suquia et de Guano. N. 231—243 ap- partiennent à la province de Juan, dont le gou- verneur dépend du président de Quito, et par conséquent aussi du vice-roi de Santa Fe (ou du royaume de la Nouvelle-Grenade).....	18	23	24	324,0	193,7	377,5

DU ROYAUME DU PÉROU.

LIEUX DES OBSERVATIONS.	HEURE de l'obser- vation.	THERMOMÈTRE de REAUMUR, à l'air libre.		HAUTEUR barométrique EN LIGNES de pond. de Paris.	ÉLEVATION au-dessus DU NIVEAU DE LA MER par la formule DE M. LAPLACE.	
					TOISES.	MÈTRES.
V. ROYAUME DU PÉROU.						
A. PASSAGE (1) ENTRE LA CORDILLÈRE DES ANDES, LA RIVIÈRE DES AMAZONES ET LES COTES DE LA MER DU SUD,						
AU MOIS D'AOUT 1802.						
244	MONTES, ferme, à deux lieues du village péruvien de Santa Cruz, près de l'équateur magnétique. La crête de la Cordillère passe entre Guambos et Montes; pierre calcaire alpine avec des ammonites. Lat. austr. 6° 33' 37", long. 54° 24' 46".	10	14	16	250,3	1330,5 2650,8
245	MICACURRA, petite ville sur le dos des Andes, au pied de la montagne de Guatayco. Mines d'argent célèbres, nommées vulgairement les mines de Chota. Lat. austr. 6° 43' 38", long. 54° 24' 6".	10	6	8	220,7	1816,7 3618,7
246	CANIMARCA (grande place), ville, à l'ouest du Páramo d'Yunguay, à six milles d'une plaine, dans laquelle l'orge donne le sixantime grain. Lat. austr. 5° 8' 38", long. 54° 23' 46".	3	19	18	244,8	1464,1 2866,2
247	CASAO ou St. FOLORIA, près de Canimarca, chapelle sur une colline porphyritique qui s'élève au milieu d'une plaine couverte de grès.	01	15	17	246,0	1530,0 2985,8
248	La MAMAMARCA, inséparable petit village situé dans une vallée profonde, entouré de bombas à petits fruits, à l'ouest du groupe de porphyres conlonnaires d'Aroma et Casuaraga.	10	16	18	250,8	689,7 1744,2
249	GUANAMARCA, village sur la pente occidentale des Andes, dans une vallée transversale, qu'à 1500 mètres de profondeur. Formation de quartz, dont les couches ont plus de 2500 mètres d'épaisseur.	10	13	16	253,0	1031,0 2438,2
250	LOS CONDELLAS, maison isolée, dans la descente vers le village de Casca. La crête de la Cordillère est de porphyre à base de granitoide, qui repose sur le granit que l'on observe aux bords du grand Océan. La pente orientale des Andes est couverte de pierre calcaire alpine et de grès ancien; le dernier se prolonge dans les plaines du Niténion. La pente occidentale présente une for-					

(1) Nous passâmes d'abord la chaîne centrale des Andes à Ombudo, en venant de la vallée de la Wadiglaire à celle de Rio-Castro. Puis, suivis de quinze à vingt mulets de charge, nous longeâmes le dos des Cordillères par Almaguer et la province de los Pastos jusqu'à Quito. Depuis notre départ de Quito, et après avoir passé l'Assay, notre traversée, pour parvenir aux côtes du Pérou, trois fois la crête des Andes; de l'est à l'est, entre l'Assay et Ayacucho; de l'ouest à l'est, entre Olleros et Guancabamba, et la dernière fois de l'est à l'ouest, entre Quercocilla et Casca.

DU ROYAUME DU PÉROU.

	LIEUX DES OBSERVATIONS.	HEURE de l'observa- tion.	THERMOMETRE de SAVUS.		HAUTEUR BAROMÈTRE au niveau du point de Paris.	ÉLEVATION au-dessus DU NIVEAU DE LA MER, par la formule DE M. LAPLACE.	
			à l'air.	de l'ob- ject.		TOISES.	MÈTRES.
	matien problématique de quartz, qui est cou- vert de la pierre calcaire coquillière de Conzuma.....	20	15	17	262,8	1124,5	2191,7
151	CASCA, village à l'entrée des plaines près de Chi- mos, célèbre par des ruines de fortifications qui ont été construites non par l'Inca, mais par le Grand Chimbo (Not) de Manciche.....	23	17	19	260,3	685,0	1335,1
152	CRASA, au nord de Rio Chicom, dans un boc- quet de Colletia. Colline granitique à l'est....	5	16	17	221,5	212,2	412,6
B. VOYAGE LE LONG DES COTES DE LA MER DU SUD, OU DU GRAND Océan,							
AU MOIS D'OCTOBRE 1802.							
153	Los Molinos, près de San Diego, à l'entrée d'une plaine aride, près des ruines d'un ancien moulin de blé, sur les côtes de la mer du Sud.....	19	12	16	330,9	26,3	187,4
154	Tumbillo (grande place), ville au sud-ouest de la montagne granitique, appelée le Chocho (Campana) de Truxillo. Lat australe, 8° 5' 40", long. 54° 36' 38".....	4	16	17	334,7	39,6	63,4
155	GRAMMAO, joli petit village, à l'ouest de Truxillo, à un quart de lieue des côtes de la mer. (Ruines de l'ancienne ville de Chimo, près de Manciche.)	5	16	16	336,3	10,3	20,1
156	AN SEN AU GRAND Océan, température moyenne, hauteur barométrique moyenne; au de mer à 10° centigrades.....	3	21	23	337,8	21,8	0
157	SANTA (grande place), ville au sud du grand dé- sert péruvien. Rochers granitiques. Lat. austr. 8° 59' 3", long. 54° 24' 30".....	3	13	15	333,7	48,5	89,8
158	LIMA (grande place), capitale du Pérou. Granit. Lat. austr. 12° 1' 45", long. 54° 17' 50".....	11	14	16	331,3	88,9	173,9
159	CASCA, port de Lima (à la maison du Capitain del Puerto) six mètres au-dessus du niveau de la pleine mer, dont la température s'est que de 15,3, tandis que, sous le même parallèle, mais hors du courant qui longe les côtes du Chili et du Pérou, elle est de 25 à 26° centigrades. Lat. austr. 12° 3' 19", long. 54° 18' 17".....	1	15	16	337,1	1,4	6,7

Astronomie.

45

DU ROYAUME DE LA NOUVELLE-ESPAGNE.

LIEUX DES OBSERVATIONS.	HEURE de l'obser- vation.	THERMOMÈTRE de RÉAUMUR, à l'air libre.		HAUTEUR barométrique en lignes au point de l'air.	ÉLEVATION en toises ou mètres sur le niveau de M. LAPLACE.		
			de l'obser- vation.		TOTALE.	ALTI- TUD.	
VI. ROYAUME DE LA NOUVELLE-ESPAGNE.							
A. VOYAGE D'ACAPULCO A MEXICO.							
AU MOIS D'AVRIL 1803.							
156	ACAPULCO, au bord de la mer de Sud. Observation faite dans la baie de la Langona. Rochers granitiques. Lat. bor. 16° 56' 59", long. 98° 48' 24".	11	20	22	337,8	0	0
157	VISTA DE EL ESTO, petite église, au nord de la Caleta del Limon.....	4	23	25	322,3	215,5	416,0
158	AUTO DE CAMARERO, la cime. Syénite porphyritique (Syénite-Porphyr) superposée sur du granit....	23	29	30	304,2	205,6	400,6
159	AUTO DE FORTALEZA, cime, à l'est de la haute montagne de la Cruz, visible au large à trois-huit milles de distance d'Acapulco.....	5	22	24	301,0	230,4	440,8
160	VALLE DE FORTALEZA, au sud d'une montagne calcaire. Le granit se cache sous cette formation de roche calcaire épaisse, bleu-grisâtre, remplie de petites filons de spath calcaire.....	8	23	25	232,0	80,4	160,6
161	AUTO DE FORTALEZA, cime, muraille de roche calcaire, coupée à pic et couronnée d'une végétation vigoureuse; cavernes remplies de stalactites.....	19	17	28	214,2	178,7	348,3
162	VALLE DE RIO PAPAGALLO, au point. Le granit reparsé; les roches de granit à couches concentriques enlèvent à celles de Séisme dans la principauté de Barroto; vers filons d'amphibole schisteuse dans le granit.....	21	23	24	331,4	97,8	190,5
163	VISTA DE TIERRA COLORADA, cabane à mi-côte en montant vers le mont de los Caracoles...	0	21	23	303,3	205,7	308,9
164	VISTA DE LA MORENIA, cabane. Formation de porphyre à base de granite; limite inférieure des schistes mexicains décrits par M. Brongniart...	6	19	21	340,7	288,0	256,2
165	AUTO DE LOS CAJONES, au nord de Quetzalquahapin qui recouvrent en plies strates, pendant le pique occidentale des Antilles.....	21	21	22	297,5	525,4	1140,9
166	ARICUETLA, métairie. Le granit reparsé sous le porphyre. Sur ce dernier repose une formation d'angydaleite (Mandelstein).....	23	23	24	302,0	505,4	983,1
167	MANTLAN, village indien. Deux formations de calcaire secondaire, la supérieure blanche, l'inférieure gris-bleue, toutes deux percées, et reposant sur du porphyre.....	21	15	17	294,1	651,7	1270,3

DU ROYAUME DE LA NOUVELLE-ESPAGNE.

LIEUX DES OBSERVATIONS.	HEURE de l'obser- vation	THERMOMÈTRE de SAUMUR.		HAUTEUR barométrique EN LIGNES du pied de Paris.	ÉLEVATION au-dessus du NIVEAU DE LA MER, par le baromètre DE LAPLACE.	
		à l'air de l'at- mosphère.			TOISES.	MÈTRES.
272 VILLA DE COATEPEQUE (grande place) sur un petit plateau, qui produit en abondance du bled d'Europe.....	21	22	29	282,3	708,0	1272,8
273 ZEMPAPO, village à l'est du pic de Chocoma- nahan. Formation de grès à ciment calcareux (sables Conglomérats), qui repose sur le calcaire poreux blanc de Chilpancingo; plus au sud, reparaît sous le grès le porphyre d'Amacualte, et sous le porphyre le grès d'Amacualte.....	19	19	31	298,5	567,7	1020,8
274 VALLE DE SANTIAGO, hôtellerie. Formation calcaire alpine ou porcaire, sur laquelle repose le grès (sablote de chaux) de Sochilapa.....	22	25	26	302,5	517,2	1008,0
275 MISCALA, village au bord de la rivière du même nom. Calcaire alpin avec des filons d'argent au Cerro de la Gorgona Lat. 15° 56' 4", long. 64° 47' 16".....	19	26	28	299,0	265,3	817,2
276 ESTELA, voute (hôtellerie) au milieu d'un bois près d'une source. Long. 64° 46' 56".....	18	28	27	314,8	422,5	823,4
277 TOPACACHILLEN, village, au nord-ouest de Tapa- Pietra calcaire poreuse; au sud, une roche pro- téctorique qui paraît être un mélange intime de pédiolite (Olivin) et de phonolite (Kling- stein). Lat. 15° 22' 0", long. 64° 47' 12".....	3	29	27	322,0	518,9	1011,4
278 TETIMILTEPEC, mine d'argent, real de minas, belle maison de don Vicente de Ama. Latit. 15° 35' 2", long. 64° 47' 19".....	23	22	23	276,3	919,2	1791,4
279 TACO, ville, à la grande place. Les filons argen- tifères traversent la pierre calcaire alpine et la schiste micacé qui paraît sont le premier....	2	21	22	276,3	915,5	1786,4
280 GUANAHUAN, village indien, en descendant de Tetimitépec, vers les plaines de San Gabriel. Près d'Amacualte, une couche de schiste argen- tiferes dans du porphyre à base argileuse....	1	24	26	300,6	538,4	1049,3
281 PEREZA DE IZTLA, hôtellerie près du pont, dans une belle plaine, qui produit de la canne à sucre. (Amalgamate poreuse qui couvre le por- phyre). Lat. 15° 37' 41", long. 64° 46' 19".....	4	26	27	302,7	504,5	983,2
282 CERRITOSA (grande place), ville, au pied de la Condilite, qu'il faut franchir pour arriver au plateau de Tenechitlan ou à la ville de Matamoros.	3	22	24	280,2	849,5	1655,6
283 GUANAHUAN, village, au sud de Sochilapa, ré- fugié par le froid qu'y ressentent les voyageurs en venant des côtes d'Amacualte.....	18	8	19	255,6	1153,0	1442,1
284 LA CAJON 222. NARQUE, le plus haut du chemin						

DU ROYAUME DE LA NOUVELLE-ESPAGNE.

	LIEUX DES OBSERVATIONS.	HEURE de l'obser- vation.	THERMOMÈTRE de CÉLÉSTON,		HAUTEUR barométrique en LIGNES du pied de Paris.	ÉLÉVATION en TOISES du NIVEL de LA MER, par la formule DE LAPLACE.	
			à l'air libre.	du baro- mètre.		FAITES.	MÉDIANES.
	avant de descendre au Guadalupe. Basalte qui re- couvre l'amygdalite porcelaine.....	2	15	17	259,5	1537,2	2096,0
285	MEXICO (près du couvent de Saint-Augustin), capitale du royaume de la Nouvelle-Espagne. Température moyenne, 27° à lat. 19° 25' 45", long. 6° 45' 45".....		16	18	259,7	1168,0	2277,3
286	S. AGUEDA DE LAS CERVAS, village charnois à l'extrémité méridionale de la vallée de Tenoch- titlan. Lat. 19° 18' 35", long. 6° 45' 48".....		17	19	259,0	1191,2	2321,0
287	CHICOMTEPEC, cône d'un monticule de porphyre, à la porte du château construit par le vice-roi comte de Gelves. Le porphyre vient aussi en jour dans le Pácul de los Baños, sous une for- mation de Mandelstein, qui remplit presque tout le plateau de Mexico.....	18	18	19	259,0	1193,0	2325,0

B. VOYAGE DE MEXICO AUX MINES DE PACHUCA, A LA CAVERNE DE
DANTOE ET AU ROCHER DES ORGANES DACTOPAN,

DANS LE MOIS DE MAI 1803.

288	CARRE, village à l'est du lac de San Cristobal, dans une savane.....	2	16	17,3	259,4	1180,3	2300,5
289	GARAVE, métairie à l'extrémité septentrionale de la vallée de Tenochtitlan, en nord-ouest des fa- meuses pyramides de Teotihuacan, dédiées au Soleil et à la Lune.....	17	15	16	256,1	1232,1	2401,4
290	REAL DE FLORETA, petite ville située dans une vaste plaine, cernée de troncs élevés d'un yucca qui se rapproche du yucca filamenteux.....	0	16	17	254,2	1273,3	2481,7
291	LA CAÑA DEL CARRO VENTOSO, sur une montagne de porphyre à base de karstéite, qui s'élève au nord de Pachuca.....	5	13	15	244,5	1444,1	2775,6
292	CERRO DE CARRO VENTOSO, près du puits de la mine de San Pedro, site romantique, dans lequel on trouve des arbres à feuilles d'olivier, des rosiers et des fraisières mexicaines.....	5	11	14	242,2	1461,7	2848,2
293	REAL DE MERTE, village au nord de Cerro Ven- toso, maison du comte de Regla.....	22	14	15,4	245,4	1496,7	2780,7
294	MINE DE LA BUSTARTE, la fameuse mine de Ten- terero, en puits appelé Tiro de S. Ramon.....	2	12,3	15	244,1	1444,3	2815,2
295	REAL DE MEXICO, en puits de la belle machine à co- lonne d'ivoire, construite sur les plans de M. del						

DU ROYAUME DE LA NOUVELLE-ESPAGNE.

	LIEUX DES OBSERVATIONS.	HAUTEUR de l'éleva- tion.	THERMOMÈTRES de RÉAUMUR,		HAUTEUR barométrique en lignes du pied de Paris.	ÉLEVATION en toises du NIVEL DE LA MER, par la formule DE M. LAPLACE.	
			à l'air libre.	de l'ob- serva- tion.		TOISES.	MÈTRES.
	Río, par M. Lechaussée. Lat. 28° 10' 4", long. 84° 43' 4".....	4	15,2	16	250,3	133,5	250,3
296	TUPE DE LA MACHINA COLORÉE D'EAU DE MORAN, en point où l'eau commence à tomber. (Il résulte d'un nivellement géométrique de don Jacinto Garcia, que cette tour est élevée sur le point précédent de 130 vers et 14 paces, ou de 56 toises).....	5	15	16	257,0	136,6	270,4
297	POINTE DE LA CARRERA, au val de MORAN, mine d'argent de M. don Ferris d'Elhuyar.....	4	16	17	259,1	135,8	161,5
298	OMITLÁN, village dans le chemin de MORAN à l'Hacienda de Argis. Ce point est à peu près au niveau de la ferme de Banchos.....	21	18	17	255,3	126,3	246,2
299	PARQUE DE LAS TUNERAS, plaine élevée, couverte de graminées, et abondante en arbres. Les rochers porphyriques qui environnent la plaine sont couronnés de cèdres et de sapins.....	2	17	27,5	247,3	136,0	271,5
300	EL ORIZABLE, site dans la forêt épaisse qui couvre le Cerro de Las Navajas. Ce Cerro forme la pente occidentale de la montagne du Jacal; vestiges des mines d'Oriz (d'Orizaba) des anciens Mexicains.....	2	17	18	237,4	128,4	207,4
301	EL JACAL, cime la plus élevée de la montagne des Conques (navajas). L'obélisque y forme une roche dans le porphyre dont la base pose, en quelques endroits de la montagne, ce Peristyle de Werner.....	4	16,4	17	235,8	126,1	212,4
302	RECA DE LAS VENTANAS, rocher de forme grotesque, au pied de la montagne du Jacal.....	5	15,8	16,4	240,3	121,4	226,6
303	EL ZIRÓN, métairie dans une plaine couverte de graminées.....	7	12	17,5	250,5	127,4	229,8
304	HACIENDA DE S. MIGUEL, Basalte. Entre San Miguel et Regis, une formation de grès à ciment calcaire qui paraît reposer sur le basalte.....	21	18	19	264,2	141,2	216,9
305	HACIENDA DE REGIS, au pied de la belle cascade, entourée de colonnes basaltiques articulées, qui ont 35 mètres d'élévation.....	9	17,5	18	267,8	143,7	200,5
306	TETUILLON EL GRANDE, village dans une plaine très-riche. Le basalte stratifié qui repose sur le porphyre de Moran et de Pacheco, paraît se cacher (près des bords de Toluquilla et Chino) sous une formation de pierre calcaire compacte. A cette pierre calcaire est superposé du grès, et du grès, près d'Amojacas, du gypse. Latit. 28° 17' 35", long. 84° 43' 32".....	21	17	18	263,1	142,5	219,8
307	DANTON DE PENTE DE LA MORA DE DIOS, la <i>Astronomic.</i>						

DU ROYAUME DE LA NOUVELLE-ESPAGNE.

LIEUX DES OBSERVATIONS.	NOMBRE de l'éleva- tion.	THERMOMÈTRE de Réaumur,		HAUTEUR barométrique en lignes du point de Paris.	ÉLEVATION l'altitude de l'altitude de la mer, par la formule DE M. LAPLACE.		
		à l'air libre.	du baro- mètre.		FATHES.	MÈTRES.	
Simiente roche percée, une cavité dans la pierre calcaire alpine (Alpeshaltstein) à travers laquelle passe la rivière de Capelo. Au bord de la rivière contournée.....	5	15	17	275,7	885,5	1725,9	
308 En Puerto de la Mesa, au-dessus de la roche percée. Basalte qui repose sur la pierre calcaire alpine. Le porphyre recouvre aussi la formation calcaire, près du village de la Magdalena.....	3	17	18	269,7	1006,0	1860,9	
309 Actopan, grand village, situé dans une vaste plaine; maison de curé don Miguel Luis Guerra. Por- phyre couvrant de l'angiospermique parente, qui est appelée Tenecate. Lat. 20° 17' 48"; long. 64° 41' 39".....	6	16	17	267,1	1016,0	2036,7	
310 MANANCOTLA ou OCAJALCO d'ACTOPAN, masses de rochers porphyritiques reliées à cause de leurs formes hautes, au milieu d'une forêt de chênes mexicains, au sud-est du village d'Actopan. A la base des Organos, au point où le rocher commence à se détacher.....	11	16,5	17	268,2	1383,5	2700,4	
311 MANANCOTLA, entre les Organos inférieurs, au sud haut qui nous avons pu parvenir au-dessus de la cre- vasse qui sépare les rochers isolés.....	21	16,5	17	262,2	1497,1	3047,9	
312 MANANCOTLA, au plateau sur lequel j'ai mesuré une hauteur de 14 mètres. Les Organos sont élevés de 110 mètres au-dessus de cette base.....	22	16	17	263,7	1471,0	3067,1	
C. VOYAGE DE LA VILLE DE MEXICO A GUANAXUATO;							
AUX MOIS D'AOUT ET DE SEPTEMBRE 1863.							
313 CRISTA DE VANDERBILT, promontoire porphyritique qui sépare la vallée de Teacochitlan, entre les villages de Tlaxpanda et Guatitlan.....	20	16	17	258,3	1011,3	2160,7	
314 LACERTE DE LA LOZARTE, au sud du village de Humberto; bassin d'eau douce.....	22	16	17,5	266,4	1207,3	2353,6	
315 HERRERA DE GUANAXUATO; village célèbre par sa proximité au grand canal d'irrigation des lacs de la vallée de Mexico. La Maison du Roi de Mexico, est, d'après le nivellement géodé- sique de Velasco, de 19 yards maximum, ou de 16 mètres, plus élevée que le sol de la ville de Mexico. La formule de M. Laplace se ne donne que 3 m. de plus. Lat. 19° 48' 38"; long. 64° 46' 11".....	18	14	16	259,1	1175,3	2398,5	
316 EL PEÑON DE REYES; colline qui, près de Reyes, fait le piton principal du Cerro de San Juan en de Neohitepec.....	20	16	17	268,2	1206,5	2385,5	

DU ROYAUME DE LA NOUVELLE-ESPAGNE.

	LIEUX DES OBSERVATIONS.	MÈTRE de l'obser- vation.	THERMOMÈTRE de RÉAUMUR,		HAUTEUR barométr. en lignes de pied de Paris.	ÉLEVATION au-dessus du NIVEL DE LA MER, par la formule DE M. LAPLACE.	
			à l'air libre.	du baro- mètre.		TRIGON.	MÈTRES.
317	TOLU, grande bourgade; l'ancien Toltén. Des for- mations secondaires remplissent la vallée de Tolu.	23	17	17	267,3	1053,0	2052,8
318	CERRA DE S. ANTONIO. Brèche à ciment calcaire, enclavant des fragments de pierre calcaire com- pacte. Cette brèche repose sur le calcaire du Jura.	3	16	17	262,3	1125,1	2192,8
319	HACIENDA DE S. ANTONIO. Le porphyre repose couvert de mandelstein.	4	16	17	262,5	1121,1	2185,0
320	HACIENDA DE S. NICOLITO; amygdaloïde non porcena, renfermant des péridots siliceux, de la disthénite et de la scapolite; en-dessous de cette amygdaloïde repose un porphyre à base de silice corré.	4	15	16	251,7	1305,3	2544,2
321	CERRA DE CALFUELAN; brèches amygdaloïdes porcena et cellulaires, formant des côtes an- perpendiculaires au porphyre.	5	14	14	247,4	1270,1	2687,9
322	Acetozacoen, village; mandelsteine basaltique com- pacte (non porcena) analogue à celui de San Mi- guellito.	10	15	15	253,5	1295,7	2593,3
323	San Juan del Rio, beau village, entouré de jardins et de vignes. Au sud-est, des couches de schistes argileux qui enclavent des fragments de basalte feuilletés (à ce qu'il paraît) par l'action du feu. Lat. 26° 27' 0", long. 64° 40' 50".	6	17	18	269,5	1014,8	1978,0
324	HACIENDA DE LISA, dans une vaste plaine couverte d'une couche épaisse de terre végétale. Fragments de porphyre à base de pectonite, avec de la hyalite.	19	15	16	270,1	995,5	1940,3
325	CERRA DE LA NORIA; le schiste primitif (Urthma- schiefer) paraît en jour. Il contient des couches de schiste siliceux (Kieselchiefer).	22	18	17	265,7	1088,4	2111,7
326	QUERETZACO, ville célèbre par ses manufactures. On observe dans la charnue vallée appelée la Cajada, un porphyre schisteux qui contient des cristaux microscopiques de feld-spath, et qui repose sur du thonschiefer primitif. Latitude, 26° 30' 30", long. 64° 50' 20".	5	20	18	270,6	995,1	1939,6
327	ZELATA, bourgade considérable entourée de plaines fertiles en froment. Les formations secondaires reparaissent. Près de la métairie de la Calera de las Mojas, le calcaire du Jura, qui est sou- vent de grès, repose sur du gypse ancien.	8	18	19	274,2	941,5	1835,0
328	EL MOLINO DE SABANA, au moulin, à la vue du grand Cerro de Callesco.	11	17	17	275,3	916,7	1786,6
329	SALAMANCA, ville dans la plaine, qui s'étend depuis						

DU ROYAUME DE LA NOUVELLE-ESPAGNE.

	LIEUX DES OBSERVATIONS.	HEURE de l'obser- vation.	THERMOMÈTRE de CÉSARIS.		HAUTEUR barométrique EN LIGNES du pied de Paris.	ÉLEVATION au-dessus du NIVEL DE LA MER par la formule DE M. LAPLACE.	
			à l'air libre.	de l'air humide.		TOISES.	MÈTRES.
	Querétaro jusqu'à la villa de Leon. Lat. 20° 36' n° n°, long. 66° 55' e°	21	19	18	276,8	901,6	275,3
330	TENACATITL, village : un peu plus au nord, à la fo de Sierra, parait au jour un gris ancien (sables conglomérats) couverts de calcaire du Jura.	8	17	18	274,7	899,0	280,7
331	GUERACATITL, ville célèbre par ses mines les plus riches du monde connu. Schiste primitif, sur lequel reposent et la roche porphyrique de la Buña et le basalte de Cuabito. Lat. 21° n° 15', long. 66° 55' e° (à l'hôtel de don Diego Ant.).	21	17	17	266,4	869,5	264,4
D. ENVIRONS DE GUANAXUATO,							
AU MOIS DE SEPTEMBRE 1863.							
332	MINE DE LA VALENCIANA, mine d'argent. La valeur des métaux précieux que cette mine a produits, monte, depuis l'année 1768 jusqu'en 1860, à quatre cent millions de francs. Le Mon (la Veta Madre) coupe les couches du schiste primitif.						
—336	a. Au bord du Tiro nuevo, le schiste pousse de Notre-Dame de Guadalupe, (Le comte de Valencianna a dépensé plus de six millions de francs en creusant les puits de sa mine.	23	17	16	259,4	818,6	813,0
	b. Boca de la Mina, à l'ouverture de la galerie. On a trouvé, par des opérations géométriques que l'on assure avoir été faites avec soin, le point le plus profond de la mine (des plans) de 613 varas mesurées (514 mètres) en-dessous de la boca de la mina. Le nivel barométrique donne 3 mètres au-dessus de plus. La chaleur est, par conséquent, assez uniformément distribuée dans la mine.	9	19	23	259,6	1194,3	2307,9
	c. El Cañon de la Morada, dans la galerie entre le San Ramon et le San José de Guadalupe.	23	19	20	266,0	1079,6	2204,2
	d. La frente del Padre Eterno, près de la galerie de San Ramon, où pousse une source thermale, dont la température est de 27,5 centigrades.	9	21	20	273,3	966,7	2801,8
	e. Les plans de San Ramon, le plus profond de la mine de Valencianna. La température de l'air égale de 27° centigrades.	10	27,5	22	276,8	931,8	2846,0
333	MINE DE RAYAS, mine d'argent, au sud-est de Valencianna, après Huila, la mine la plus ancienne que la Veta Madre.						

DU ROYAUME DE LA NOUVELLE-ESPAGNE.

LIEUX DES OBSERVATIONS.	HEURE de l'obser- vation.	THERMOMÈTRE de célésus,		HAUTEUR barométr. en lignes de pied de Paris.	ÉLÉVATION au-dessus du NIVEL DE LA MER, par le baromètre DE M. LAPLACE.	
		à l'air libre.	de l'at- mosphère.		CALIBRE.	MÉTÈRE.
a. Boca de la mina, à l'ouverture de la gal- lerie supérieure.....	14	19	18	253,5	1116,3	2276,4
b. Despacho, l'endroit où l'on range les miné- rais au bas de la pila, la place d'assommoir.	"	23	10	268,0	1055,0	2056,6
c. Plano, point le plus profond de la mine de Rayas. L'éclat rapide du divoison- nement du calcaire et les courants verticaux de l'air que l'on observe dans cette mine de peu de profondeur, rendent le mesure barométrique un peu douteux.....	43	17,5	14	272,5	995,5	1040,4
d. Cañon de S. Juan, un peu au-dessous de la galerie du Carmen.....	43	47	23	270,6	1045,7	1099,4
e. Cañon del Carmen, huit mètres plus élevé que la galerie d'écoulement projetée.....	42	43	24	268,2	1030,0	2036,8
343 CERRA Y NIVA DE BELCERANO, au sud-est de la montagne de Sierra, entre les mines de Gu- anacumito et de San Bruno. Les Veas Madre y tra- versent des couches de porphyre qui sont égale- ment en schiste primitif.....	40	27	16	255,5	1055,1	2416,0
Mina de VILLALPANDO, filons riches en or et en argent dans un porphyre, qui, près de la mai- son de l'administrateur de la mine, est couvert de grès. Ce grès alterne avec de l'argile schisteuse.						
343 a. Boca de la mina, observation faite avec M. Cheval, minéralogiste distingué, élève de Féclet des mines de Mexico.....	1	18,4	18	251,2	1331,6	2595,0
344 b. Plaza de todos los Santos, le point le plus profond de la mine de Villalpando..	"	23,5	23	256,3	1069,8	2461,3
345 LA CAÑA DE S. NICOLAS DEL LLANO, au sud de la ville de Guanacumito.....	5	16	17	263,4	1103,8	2155,4
346 LA CAÑA DEL CASO DE SAN NICOLAS, cime de grès au nord-nord-est de la Presa de Fomelo.....	5	16	17	265,6	1109,8	2146,2
347 LA CAÑA DEL CASO DE SECHU, cime élevée. Bèche porphyritique.....	20	17	10	254,5	1070,0	2483,0
348 MARTEL, faubourg de Guanacumito, dans le ravin qui sépare des puits de Barron et de Cueta à la ville de Guanacumito. (A la maison d'insaluga- tion de Barron ou de la Condona).....	23	16	17	268,3	1031,5	2015,1
349 LA GARITA DE MARTEL, au nord-est de la Casita de los Aguileros. Grès ancien.....	43	18	17	267,8	1045,6	2037,8
Mina de ANIRAS, près de la Cañala de Secho, sur la vein madre de Guanacumito.						

Astronomie.

DU ROYAUME DE LA NOUVELLE-ESPAGNE.

	LIEUX DES OBSERVATIONS.	HEURES de l'observa- tion.	THERMOMÈTRE de SÈCHÈRESSE,		HAUTEUR barométr. au NIVEL du point de l'obser- vation.	ÉLEVATION au-dessus DU NIVEL DE LA MER par le baromètre DE M. LAPLACE.	
			à l'air.	du baro- mètre.		TOISES.	MÈTRES.
356	a. <i>Deves</i> , entre le puits de Mellado et celui de San Lorenzo.....	16 1/2	17	18	269,3	1138,0	2218,1
351	b. <i>Fronte de S. Pablo</i> , le point le plus profond de la mine.....	18 1/2	23	21	266,5	1084,8	2114,3
359	Mesa de Mellado, au bord du puits de S. João. Cette mine a été ouverte le 15 avril 1558....	63	18	17	260,5	1171,4	2083,1
353	Cañare de Acahuca, petite vallée qui se réunit au ruisseau de Secho, près de Cota.....	22	16	18	265,4	1084,8	2114,3
354	El Puerto de Valientes, le plus haut du chemin entre Guanajuato et Santa Rosa.....	69 1/2	17	17,5	248,8	1376,2	2869,5
355	Santa Rosa et la Saavedra, village dans une situation très-remontée, près de l'église.....	23	17	17	253,5	1291,1	2516,4
356	Los Jorales, glaciers de la Sierra, dans lequel les Indiens <i>Nuevos</i> courent de petites boules qu'ils remplissent d'eau pour y assouvir de la glace, depuis le mois de décembre jusqu'en mois d'avril. A cette époque, il tombe de la neige aux Jorales à un demi-mètre de hauteur, elle se conserve pendant cinq à six jours.....	1	18	17	249,5	1359,0	2854,5
357	El Puerto de Santa Rosa. Cette cime, plus élevée que les montagnes du Gigante et du Cabilete, est de près de 50 mètres plus haute que le Cerro de los Leñados.....	0	17	17	244,8	1444,3	2815,1

E. VOYAGE DE GUANAJUATO A VALLADOLID,

AU MOIS DE SEPTEMBRE 1803.

358	Cortés, village dans de belles plaines qui sont couvertes de grès roses, et qui s'étendent jusqu'à Salinas.....	28	18	17	272,5	1009,8	1954,5
359	Beñal, maison du marquis de San Juan de Reyna.....	1	18	17	273,6	967,3	1846,0
360	Valle de Santiago, village, à la maison de l'Alfaro Real dont Manuel Guevara (près de l'église).....	7	16	17	275,7	963,0	1798,0
	Ahuaca de Palanco, dans la vallée de Santiago.....						
361	a. <i>Al la cime de la montagne</i> . Une muraille de rochers basaltiques entoure le lac que l'on voit le fond d'un ruisseau creusé.....	5	18	17	274,8	925,0	1804,5
362	b. <i>Au niveau de l'eau de l'Alfaro de Palanco</i> , endroit singulièrement romantique.....	5 1/2	17	17	276,3	893,8	1744,0
363	Puerto de Atzacura, au niveau du lac de Yuripatzen. (Rochers de la formation de trapp).....	21	18	17,5	275,0	914,7	1784,7

DU ROYAUME DE LA NOUVELLE-ESPAGNE.

	LIEUX DES OBSERVATIONS.	HEURE de l'obser- vation.	THERMOMÈTRE de SAVYUS, à l'air libre.		HAUTEUR en mètres du pied de Paris.	ÉLEVATION en mètres DU NIVÉAU DE LA MER, par la formule DE M. LAPLACE.	
						TEMPER.	MÉTÈRE.
364	VALLADOLID, ville, capitale de la province de Mechoacan. Lat. 19° 43' 0", long. 98° 52' 49".....	1	18	17	2703	1001,4	1951,6
F. VOYAGE DE VALLADOLID AU VOLCAN DE JORULLO,							
AU MOIS DE SEPTEMBRE 1803.							
365	CASA, ferme. Formation de basalte porce renfermant de l'amphibole, de la scéolite, du péridot, et surtout de l'hyalite (verre de Muller des minéralogistes allemands).....	23	27	17	266,0	1075,1	1095,4
366	CRANOTEC, méairie dans une belle plaine. Les forêts de ce pays ressemblent le long du chemin aux forêts de petites forêts d'hyalite, entre lesquels ils déposent leurs amas.....	2	28	17,5	266,3	1075,4	1095,5
370	PACZANO (ville à la grande place) 50 mètres au-dessus du niveau du beau lac de Pascaro. Long. 6° 54' 0".....	3	17	16	280,7	1120,9	1202,3
368	ASIO DE ACO, village au bord de la pente occidentale de la grande Cordillère d'Anahuac. Plantes charnues, ornées de plusieurs nouvelles espèces de Dahlie (Georgina Willd. que nous avons introduites dans les jardins d'Europe.....	4	15	16	270,5	994,0	1037,4
339	AGUANECO, maisons isolées, habitées par des Indiens. Depuis Aguaneco on descend aux playas avec une rapidité effrayante.....	23	17	17	284,0	781,1	1592,4
372	LES PLAYAS DE JORULLO, cabane indienne située dans le parais de la plaine qui s'a été élevée lors de la formation du volcan de Jorullo. Longit. 6° 45' 42". Le sable volcanique de la plaine, le jour, une température de 60 degrés de thermomètre centigrade.....	4	20	24	309,5	404,5	788,5
371	PLAYAS DE MALINCO. Immédiatement au pied du volcan, à la pente occidentale. Terrain soulevé, brisé d'un millier de petites cotes formées, appelées par les Indiens les tocas.....	23	15	23	324,1	487,5	950,1
373-374	VOLCAN DE JORULLO (1) (Jorullo ou Joruyo) sorti de terre au mois de septembre 1759, à travers la fissure de distance des côtes, et à quatorze lieues d'éloignement de tout autre volcan actif. Le cône du volcan de Jorullo est élevé de 513 mètres au-dessus du niveau actuel des plaines voisines.						

(1) Sur la grande révolution qui a donné naissance au volcan de Jorullo, voyez ma *Géographie des Plantes*, p. 126, et mon *Essai politique sur le royaume de la Nouvelle-Espagne*, pag. 47 et 206.

DU ROYAUME DE LA NOUVELLE-ESPAGNE.

LIEUX DES OBSERVATIONS	HAUTEUR de l'obser- vation	THERMOMÈTRE de SÉLUMER,		HAUTEUR barométrique EN LIGNES du pied de Paris.	ÉLEVATION au-dessus DE NIVÉAU DE LA MER, par la formule DE M. LAPLACE.	
		à l'air libre.	des baro- mètres.		TOISES.	MÈTRES.
a. <i>Pente septentrionale, au point où l'on abandonne l'eau de laves souffrées (en forme de chaudières), et où l'on commence à monter sur le cône couvert de cendres.....</i>	22	23	21	296,5	600,4	1170,3
b. <i>Cime du volcan de Jerulle, au bord sud-ouest du cratère, près d'une douve crevée, dans laquelle le thermomètre monta à 75°..</i>	20	24,5	22	292,3	607,4	1201,0
c. <i>Dans le cratère du volcan de Jerulle, point le plus bas auquel nous pûmes risquer de descendre le 19 septembre 1803. Le fond du cratère qui dégage une fumée épaisse de gaz acide sulfureux ne peut être à moins de 200 toises du point où nous prîmes la mesure barométrique.....</i>	22	31	28	295,2	613,9	1224,0
G. VOYAGE DE VALLADOLID A TOLUCA,						
A LA FIN DU MOIS DE SEPTEMBRE 1803.						
375 CERRA, ville peu considérable, sur la route de Valladolid à Mexico.....	21	17	16	271,8	972,4	1906,0
376 PUEBLO DE TEXAS, au sud-est de la ville de Mexico. Porphyres basaltiques.....	23	26	16	272,4	985,0	1880,8
377 CERRITOS, village au pied de la haute Sierra de Uruera. A l'est de l'église, de petites collines de porcelaine, qui renferment des rognons d'obsidienne vitreuse noire.....	18	25	17	271,8	980,2	1886,9
378 OCAJES, bourgade considérable, à l'ouest des anciennes mines d'Asagapan.....	21	26	17	273,0	987,4	1896,0
379 MARATIA, village. Le plateau porphyritique s'élève vers la Vase de Santa Maria de Alcala..	4	25	16	266,5	970,0	2045,4
380 VENTA DE TAPETUNGO, auberge, bâtie dans un terrain montagneux.....	23	27	16	270,5	1085,1	2230,9
381 SANTIAGO DE LAS TRIN, village environné de fumées de charbon (Quercus mexicana, Buphara, J.).	2	18	17	250,3	1317,8	2612,3
382 LA JORDANA, ferme ou hacienda, sur un plateau très-froid.....	4	18	17	250,1	1320,0	2607,7
383 VENTA DE SANTA MARIA ALCALA, hôtellerie isolée de terrain peu cultivé.....	6	25	16	248,7	1350,7	2650,0
384 VILLA DE ISLAVERA, bourgade à l'ouest du plateau de Toluca.....	23	17	16,5	251,5	1366,3	2646,0
385 TOLUCA, ville au pied de la montagne de Thucuculapilla, au nord de San Juan de Dios. A						

DU ROYAUME DE LA NOUVELLE-ESPAGNE.

LIEUX DES OBSERVATIONS.	HEURE de l'obser- vation.	THERMOMÈTRE de		HAUTEUR barométr. en LIGNES de pied de Paris.	ÉLEVATION en TOISES DU NIVEL DE LA MER, par la formule DE M. LAPLACE.	
		à l'air			TOTAL.	NATUREL.
		libre	de baromètre.			
L'extrémité septentrionale de la ville se trouve le sommet tronqué de l'arbre à main décrit par M. Carreras (<i>Mangifera indica</i> de Hernandez) ou du <i>Chrysophora platensis</i> de M. Boscand (1). Ce tronc, d'une haute antiquité, et de 88 décimètres de circonférence, est le seul individu de cette espèce de plantes qui ait été trouvé dans la Nouvelle-Espagne. Latitude, 19° 16' 19", long. 99° 46' 47".						
H. VOYAGE A LA CIME DU NEVADO DE TOLUCA.						
AU MOIS DE SEPTEMBRE 1803.						
386 LA PENTE DU VOLCAN DE TOLUCA, où l'on passe la rivière de Volcan, dont les eaux ont une température de 9°.....	3	10	14	206,8	1749,0	3408,9
387 AU NIVEL DU LAC, qui remplit l'ancien cratère. Cette observation est douteuse à 40 mètres près. Nous ne pûmes pas descendre jusqu'au bord du lac, et il fallut juger de très-loin si le baromètre étoit placé au niveau de l'eau.....	23	9	10	219,0	1905,6	3713,7
388 LIMITE SÉRIEUSE DES ARBRES, surmontés des pins mexicains. Commencement de la région des grammées ou des prairies.....	9	7	10	213,7	1995,8	3889,9
389 LIMITE SÉRIEUSE DE LA SÉCHESSE DES GRANITES, en point où commencent les rochers nus du Nevado de Toluca.....	3	5	10	206,5	2124,6	4150,9
390 CUYA DE TIRACAL, grotte remplie de glace, servant de magasin aux Indiens de Cacamatlan, qui font le commerce des arques.....	3	5	10	200,1	2271,6	4479,3
391 LIMITE SÉRIEUSE DE LA NEIGE PÉRIÉRE, en mois de septembre.....	2	5	10	199,8	2295,8	4471,5
392 EN FAÏLLE, rocher porphyritique, qui s'élève en forme de tour, au-dessus d'un immense cratère en forme d'entonnoir, considéré comme l'ancien cratère. Le Froid est le climat le plus élevé du Nevado de Toluca. Latit. 19° 17' 33", longitude, 99° 47' 2".	0	3 1/2	8	195,5	2379,1	4821,6

(1) Voyez nos *Plantas americanas*, vol. 1, pag. 81.
Astronomie.

DU ROYAUME DE LA NOUVELLE-ESPAGNE.

LIEUX DES OBSERVATIONS.	HEURE	THERMOMÈTRE		HAUTEUR	ÉLEVATION	
	de l'obser- vation.	de REAUMUR,	barométrique		en toises	du NIVEL DE LA MER, par le Barometre DE M. LAPLACE.
		à l'air	de l'obser- vatoire.	de pied de Paris.	TOISES.	MÈTRES.

I. VOYAGE DE TOLUCA A LA VILLE DE MEXICO,							
AU MOIS D'OCTOBRE 1803.							
393	CERRO DE LAS CUEVAS, partie de la haute chaîne de montagnes qui séparent la vallée de Toluca de celle de Temcochtlan	3	15	16	233,2	1647,9	3010,4
394	TRAPEILLO, sur une belle chaîne construite aux fers du Conato de Mexico	5	14	18	240,5	1505,4	2934,1
395	MEXICO (voyez plus haut n.° 285)					1168,4	2972,3

K. VOYAGE DE MEXICO A LA VILLE DE LA PUEBLA DE LOS ANGELES,							
AU MOIS DE JANVIER 1804.							
396	VERTA DE CALICO, à l'extrémité orientale de la grande vallée de Mexico, près du village d'Ixtiquila. Formation d'amygdaloïde peruvien. Lat. 19° 16' 8".	0	14	15	256,9	1200,6	2351,6
397	VERTA DE COBENZA, hôtellerie isolée, sur la pente occidentale de la montagne de porphyre trappée qui sépare la vallée de Temcochtlan et celle de la Puebla	2	14	15	260,9	1250,9	2682,3
398	SIGUEN DE COBENZA, le point le plus élevé du nouveau chemin de la Puebla, à l'ouest de Venturillo	3	13,5	15	221,6	1055,2	2226,0
399	BARANCO DE JOARCO, sur la dos de la Cordillère, qui se prolonge depuis le grand Nevado d'Ixtacchimal vers le Telescop. L'Ixtacchimal est élevé de 2455 toises au-dessus de niveau de l'Océan	4 1/2	13,5	15	222,4	1040,0	2196,5
400	VERTA DE RIO Frio, hôtellerie, à l'est-sud-est du village indien de Coatepec	5	12	13,5	235,4	1082,9	2085,2
401	VERTA DES AGUA, au nord du village de Tlachapala. Porphyre à base de basalte	6 1/2	14	15	241,0	1101,6	2087,7
402	VERTA DE TRINQUERO, sur la pente orientale de la Cordillère de Rio Frio	7	14	15	255,5	1202,9	2500,4
403	S. MARTIN, village entre San Esteban et Santa Maria Teacalapa. Porphyre à base de granatite	10	15	16	250,8	1206,3	2551,1
404	S. FRANCISCO Ocotlan, village dans la plaine de la Puebla, couverte de roche calcaire secondaire	22	15	15	252,6	1201,0	2640,7
405	LA PUEBLA DE LOS ANGELES, capitale l'Inde indépendante. Lat. 19° 0' 15", long. 64° 41' 31"	9	15	16,3	261,9	1210,8	2694,3

DU ROYAUME DE LA NOUVELLE-ESPAGNE.

	LIEUX DES OBSERVATIONS.	HEURE de l'observa- tion.	THERMOMÈTRE de RÉAUMUR, à l'air libre, de l'om- bre.		HAUTEUR barométrique en UNITÉS du pied de Paris.	ÉLÉVATION au-dessus du NIVEAU DE LA MER, par la formule DE M. LAPLACE.	
						TOISES.	MÈTRES.
406	Cacotiza, ville, au pied du fameux Tecuelli de Cholollan ou de l'ancienne pyramide, dont la cime est située par les 19° 56' de latitude, et les 94° 14' de longit. L'observation barométrique est un peu douteuse.....					1080	3105
407	LEANO ou TEIUMI (1), un peu à l'est du village de San Nicolas de los Ranchos, plaine de laquelle je mesurai la vallée du Popocatepetl, qui est élevée de 2771 toises au-dessus du niveau de l'Océan.....		15	15	256.7	1234.4	2465.9
L. VOYAGE DE LA PUEBLA DE LOS ANGELES A PEROTE,							
AU MOIS DE JANVIER 1804.							
408	Cocomezco, au sud-est de la Sierra de Tlaxcothan, dans la grande plaine de la Puebla.....	21	10	17	258.9	1189.5	2618.4
409	ACATEPEC, village. Le porphyre repose sur la roche calcaire secondaire.....	23	15	17.2	255.3	1138.3	2618.6
410	EX PINAS, au nord de Cerro del Pinar, à l'ouest du village de Nopalco.....	3	16	8	251.4	1109.3	2551.6
411	EX OJO DEL AGUA, au-dessus, au milieu d'une plaine dénuée de végétation, à l'ouest du village de Huamantla.....		13	14.5	259.2	1168.4	2376.9
412	VENTA UN SORO, séparé du village de Tlapachalco, par une mare (Sotero) d'une étendue considérable. Lat. 19° 26' 36".....	"	17	18	258.1	1201.8	2443.5
413	POXTEPEC ou POXTEPECITO, au-dessus de Cerro del Pinar. Colline de roche calcaire secondaire superposée au porphyre de Tlaxcothan.....				255.8	1206.7	2390.8
414	PEROTE, grande bourgade, au nord-ouest de la fameuse cime du Cerro de Perote. Lat. 19° 32' 32", long. 94° 38' 25".....	19	9	11	259.6	1207.7	2353.7

(1) En descendant de la pyramide de Cholula, le baromètre fut arrêté par l'indice qui le portait. Le niveau barométrique que je comparais à la Puebla donne un niveau de la mer à l'écart de, pour la hauteur moyenne de la colonne de mercure, 256.9 toises à 26 de 11 toises cent quatre. C'est d'après cette donnée que M. Oltmanns a fait les calculs. p. 407 453. On a ajouté aux hauteurs barométriques indiquées 1.1 de ligne, d'après les, par un changement de cote. L'existence du niveau constant a été déduite du commencement de l'échelle. Le niveau barométrique a été comparé au pied de Veracruz avec d'autres hauteurs anglaises. HAZARD.

DU ROYAUME DE LA NOUVELLE-ESPAGNE.

LIEUX DES OBSERVATIONS.	HEURE de l'obser- vation	THERMOMÈTRE de RÉAUMUR,		HAUTEUR barométrique EN LIGNES du pied du Parc.	ÉLEVATION au-dessus DU NIVEAU DE LA MER par la formule DE LAPLACE.	
		à l'air libre.	de l'air humide.		TOURNE	MÉTÈRE.

M. VOYAGE DE PEROTE A LA CIME DU COFFRE,						
AU MOIS DE FÉVRIER 1804.						
15	PRÉSENTATION, à la pente septentrionale du Coffre de Perote.....	18	22	14	3468	1501,0
16	ET PLAT DEL CORATELLO, au-dessus de la région des chéons.....	19 1/2	18	13	3245	1792,6
17	LA CURQUE DE LOS CARBON.....	20	9	3	3179	1920,1
18	PENTE ORIENTALE DE LOS CARBON, "point auquel s'observe le passage du soleil par le méridien, et qui est de 28° plus septentrional que la Peña de la cime du Coffre.....	"	9	11	3106	1954,6
19	COTE DE CORTEZ DE PEROTE ON EN NAUCARAPATEPE, au pied de la roche carrée et porphyrique, appelée la Peña. Bord oriental de la cime. Vent froid qui, de temps en temps, fait baisser le thermomètre jusqu'à 3 degrés au-dessous de zéro. Lat. 19° 28' 52", long. 98° 37' 55".....	21	17	6	3073	2027,8
20	SUR LES PENTES SEPTENTRIONALES ET ORIENTALES DE CORTEZ.....					
21	a) Limite supérieure des sapins et de toute végétation en arbres, au Coffre, dans la Cumbre del Botillo.....	1	6	8	3117	2032,9
22	b) Limite inférieure des neiges (1) au Coffre au mois de février. Taches éparpillées.....	20 1/2	9	12	3120	1898,7
23	c) Limite supérieure des arbres maxims au Coffre.....	19	10 1/2	14	3205	1751,9
24	d) Limite supérieure des Arbres Madroña, au Coffre.....	9	11	13	3202	1682,1
25	e) Limite supérieure des chênes mexicains, au Coffre.....	8 1/2	12	14	3340	1613,3
26	f) Limite supérieure de la couche de pierres pures, à la pente septentrionale du Coffre.....	3	10	12	3255	1508,4
27	g) Limite inférieure de la couche de pierres pures, entre Perote et las Vigas.....	5	9	11	3266	1187,5
28	h) Limite inférieure des pins mexicains, entre Perote et Xalapa.....	21	9 1/2	10	3720	1254,9

(1) Sur la vraie limite inférieure des neiges perpétuelles au Mexique, et sur l'oscillation périodique de cette limite dans les différents siècles de l'année, voyez ce que j'ai exposé plus haut, pag. 124, dans mon Mémoire sur les rétroactions.

DU ROYAUME DE LA NOUVELLE-ESPAGNE.

LIEUX DES OBSERVATIONS.	HEURE de l'obser- vation.	THERMOMÈTRE de SAUNDERS, à l'air du baro- mètre.		HAUTEUR atmosphé- rique au niveau du pied de l'eau.	ÉLEVATION au-dessus du NIVEL DE LA MER, par la formule DE M. LAPLACE.	
		à l'air	du baro- mètre.		TOIS.	MÈTRES.
1) <i>Limite supérieure des bananiers</i> (Munipadistaca) dominant des fruits mûrs près de la Pileta, entre Perote et Xalapa.....	19	14	15	281,2	796,8	1551,8
2) <i>Limite inférieure des chènes mexicains</i> , entre Perote et Veracruz.....	6	14	16	308,0	796,3	779,3

N. VOYAGE DE PEROTE A XALAPA,						
AU MOIS DE FÉVRIER 1864.						
430	CERCA DE CASI BLANCA (1), collines nord-nord-est de la petite forteresse de Perote.....	13	16	257,1	1004,3	2547,0
431	RAN FAIS, ferme, à l'extrémité orientale du plateau de Perote.....	13	14,5	257,3	1108,4	2337,0
432	EL NAGUATILLO ou RANANCA HONRA, vallée à l'est de village de las Vigas.....	13	14,5	285,5	1227,8	2600,9
433	LAS VIGAS, village sur la pente du plateau d'Anahuac. Lat. 19° 37' 37".....	13	14,5	256,1	1333,8	2823,3
434	PARQUE DE CASERO, un peu à l'est de l'ancien couvent de laves de Loma de Tablas.....	13	14,5	259,9	1156,3	2253,6
435	TECHTLACATE ou TECHTLACATECUE NO CAROL, maisons isolées, à l'est de l'ancien couvent de laves du Nahuatl.....	13	13,5	262,8	1113,4	2170,9
436	LA HOTA, village situé dans un ravin profond....	13	14,5	261,9	1072,0	2089,4
437	CERRAS DE LA HOTA, en chemin vicin, cime porphyrique à l'est de village de la Hota....	13	14,5	263,6	1093,8	2131,8
438	CERRA DEL SOLICHO, colline d'un accès très-difficile. Fuit le plus élevé du chemin vicin, on de la superbe cheminée que l'on construit aux frons du Concello de Veracruz, entre Perote et les côtes du golfe du Mexique.....	13	14,5	270,3	982,7	2015,4
439	SAN MIGUEL EL SOLICHO, village, près de l'église.	14	15,5	275,6	901,3	1756,6
440	LA PIETRA, auberge à l'est du village de San Salvador.....	13	14,5	282,3	790,6	1540,9
441	LA BARRERILLA, maisons isolées au-dessus de Xalapa.....	15	16,5	285,3	749,7	1461,2
442 — 443	XALAPA, ville célèbre par la beauté de son climat et sa situation infiniment romantique. Latitude, 19° 32' 8", long. 98° 37' 2".					

(1) Les points entre Perote et Xalapa ayant été mesurés trois fois, les calculs (430-444) se fondent sur des hauteurs barométriques moyennes. On a le projet de marquer l'élévation du sol au-dessus du niveau de la mer par des inscriptions gravées sur des colonnes de porphyre, et placées le long du nouveau chemin de Veracruz à Perote.

Astronomie,

DU ROYAUME DE LA NOUVELLE-ESPAGNE.

LIEUX DES OBSERVATIONS.	HEURE de l'obser- vation.	THERMOMÈTRE de RÉAUMUR,		HAUTEUR barométrique en LIGNES du point de Paris.	ÉLÉVATION au-dessus DU NIVEAU DE LA MER, par la formule DE LA PLAGNE.	
		à l'air libre.	des her- mines.		TOISES.	MÈTRES.
a) <i>A la Garita de Mexico, extrémité occi- dentale de la ville.</i>		13	14,5	287,5	714,9	1383,6
b) <i>A la maison de don Thomas Murphy, près du couvent de Saint François.</i>	31	13	14,5	289,6	677,7	1330,9
444 CERRAN DE MACULTEPEC, montagne basaltique au nord-nord-est de Xalapa. (Le pic d'Orizaba placé au sud-ouest de Macultepec, par les 19° 5' 12" de latitude, et les 96° 38' 25" de long, est élevé de 2717 toises au-dessus du niveau de l'Océan).		16	17,5	282,5	788,8	1537,5
O. VOYAGE DE XALAPA A VERACRUZ,						
AU MOIS DE FÉVRIER 1804.						
445 LAS ANIGAS, près du Rio de Chachalacas.....	23	13	14,5	293,6	623,6	1215,4
446 LAS TRANCAS, maisons isolées, à l'est du Pochito de San Andrés.....		13	14,5	294,9	598,9	1167,1
447 EL ALTO DEL ENCERO, plateau au-dessus de l'en- fergo del Encero. On y jouit d'une vue magni- fique sur les côtes du golfe du Mexique.....		13	14,5	301,8	496,4	967,5
448 VENTA DEL ENCERO, hôtellerie, située un peu au- dessus de la région dans laquelle règne habituel- lement en été la fièvre jaune (vomito prieto).....		13	14,5	303,1	476,3	938,3
449 LOS MIRABOYTES sur un plateau porphyritique qui se prolonge depuis l'Encero à l'est. Bosquets de Mimosa corangeta.....		13	14,5	309,8	480,8	936,7
450 EL CERRO GORDO, colline au sud-ouest de l'en- fergo del Coyote.....		14	14,5	314,5	314,4	612,6
451 EL PLAN DEL RIO, vallée profonde dans laquelle coule une rivière qui se jette dans le Rio Cha- chalacas.....		14	14,5	305,5	169,3	316,3
452 LA RASCURARA, auberge entre le Rio de Chacha- lacas et le Rio de la Anigua.....		14	14,5	317,9	239,3	271,4
453 VERACRUZ, au mois. Lat. 19° 11' 59", long. 96° 33' 56". Température moyenne de 25,5. Quantité de pluie qui tombe annuellement est évaluée à 23 ou 25 décimètres.....		16	16	337,5	0	0

TABLES HYPSONOMÉTRIQUES

OU

TABLES AUXILIAIRES

POUR LE CALCUL DES HAUTEURS

A L'AIDE DU BAROMÈTRE,

D'APRÈS LA FORMULE DE M. LAPLACE.

PAR JABBO OLTMANNS.

PREMIÈRE TABLE.

337

Logarithmes vulgaires multipliés par 0,04077.														Correction de logarithme			
Ann.	Sept.	N.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P. P.	Diff. en secondes	0,00		
xiii.	9	165	20	460	485	500	554	550	584	608	635	657	682	1	2	1,0	007
	10	166		707	752	*001	*025	*040	*074	*098	*123	*148	*172	2	5	1,5	011
xiv.	11	167	21	952	976	*001	*025	*040	*074	*098	*123	*148	*172	3	7	2,0	015
	0	168	22	116	220	244	269	293	318	345	369	391	415	4	10	2,5	019
	1	169		439	463	487	511	535	559	584	608	635	657	5	12	3,0	022
	2	170		681	705	729	753	777	801	825	849	875	896	6	14	3,5	026
	3	171		920	944	968	991	*015	*039	*063	*087	*110	*134	7	17	4,0	030
	4	172	22	158	182	205	229	253	276	300	324	348	371	8	19	4,5	034
	5	173		595	619	642	665	689	713	736	760	783	806	9	22	5,0	037
	6	174		630	653	677	700	724	747	770	793	817	841			5,5	041
	7	175		864	887	911	934	958	981	*004	*028	*051	*074			6,0	045
	8	176	25	097	120	145	166	190	215	236	259	283	306	1	2	6,5	049
	9	177		329	352	375	398	421	444	467	490	513	536	2	4	7,0	052
	10	178		550	582	605	628	651	674	697	720	743	766	3	7	7,5	056
xv.	11	179		788	811	835	858	879	901	924	947	970	992	4	9	8,0	060
	0	180	24	015	037	060	083	106	129	151	174	196	219	5	11	8,5	064
	1	181		242	264	287	309	332	355	377	399	422	445	6	14	9,0	068
	2	182		467	489	512	534	557	579	601	624	646	669	7	16	9,5	071
	3	183		691	713	735	757	780	802	824	846	869	891	8	18	10,0	075
	4	184		915	935	957	979	*002	*024	*046	*068	*091	*113	9	20		
	5	185	25	155	157	179	201	223	245	267	289	311	333	1	2	10,5	079
	6	186		355	377	399	421	443	465	487	509	531	553	2	4	11,0	082
	7	187		574	596	618	640	661	683	705	727	749	770	3	6	11,5	087
	8	188		792	814	836	857	879	901	923	945	966	987	4	9	12,0	090
	9	189	26	009	030	052	073	095	117	138	160	181	203	5	11	12,5	094
	10	190		224	245	267	288	310	331	353	374	396	417	6	13	13,0	098
xvi.	11	191		439	460	482	503	524	545	567	588	609	631	7	15	13,5	102
	0	192		652	673	694	715	737	758	779	800	821	842	8	17	14,0	105
	1	193		864	886	907	928	949	970	991	*012	*033	*055	9	19	14,5	109
	2	194	27	076	097	118	139	160	181	202	223	244	265			15,0	113
	3	195		286	307	328	349	370	391	411	432	453	474	1	2	15,5	117
	4	196		495	516	537	558	578	599	620	641	661	682	2	4	16,0	120
	5	197		703	724	744	765	785	806	826	847	867	888	3	6	16,5	124
	6	198		909	929	949	970	991	012	*032	*053	*074	*095	4	8	17,0	128
	7	199	28	115	135	156	176	197	217	238	258	279	299	5	10	17,5	131
	8	200		320	340	361	381	402	422	443	463	484	505	6	12	18,0	135
	9	201		525	545	565	585	605	625	645	665	685	706	7	14	18,5	139
	10	202		727	747	767	788	808	828	848	868	888	908	8	16	19,0	143
xvii.	11	203		928	948	968	989	*009	*029	*049	*069	*089	*109	9	18	19,5	146
	0	204	29	129	149	169	189	209	229	249	269	289	309			20,0	150
		N.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P. P.				

Logarithmes vulgaires multipliés par 0,94077.														Corrections in logarithms.			
pour. lg.	N.	0.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P. P.		Diff. à trois	0,00		
xvii.	1	205	29	529	549	569	589	409	429	448	468	488	508	1	2	2,0	007
	2	206		528	548	568	587	607	627	647	667	686	706	2	4	1,5	011
	3	207		726	746	765	785	804	824	844	863	883	902	5	6	2,0	015
	4	208		922	942	961	981	000	020	040	059	079	098	4	8	2,5	019
	5	209	50	118	137	157	176	196	215	235	255	274	294	5	10	3,0	022
	6	210		315	332	352	371	391	410	429	449	468	487	6	12	3,5	026
	7	211		507	527	546	566	585	605	624	643	663	683	7	14	4,0	030
	8	212		702	721	740	759	778	798	817	836	855	874	8	16	4,5	034
	9	213		893	912	931	950	970	989	008	027	046	065	9	18	5,0	037
	10	214	51	084	104	123	142	161	180	199	218	237	256			5,5	041
xviii.	11	215		275	294	313	332	351	370	389	408	427	446	1	2	6,0	045
	0	216		465	484	503	522	540	559	578	597	615	634	2	4	6,5	049
	1	217		655	672	691	709	728	747	766	785	803	822	5	6	7,0	052
	2	218		841	860	879	897	916	935	953	972	991	009	4	7	7,5	056
	3	219	52	028	047	065	084	102	121	140	158	177	195	5	9	8,0	060
	4	220		214	233	251	270	289	307	326	344	363	381	6	11	8,5	064
	5	221		399	418	437	455	474	492	511	529	548	566	7	13	9,0	068
	6	222		585	603	622	640	658	676	695	713	731	750	8	15	9,5	071
	7	223		768	786	804	823	841	859	877	895	914	932	9	17	10,0	075
	8	224		950	968	986	005	023	041	059	077	096	114				
xix.	9	225	53	132	150	169	187	205	223	241	259	277	295	1	2	10,5	079
	10	226		315	332	350	368	386	403	422	440	458	476	2	4	11,0	082
	11	227		494	512	530	548	566	584	602	620	638	656	5	5	11,5	087
	0	228		674	691	709	727	745	763	781	799	816	834	4	7	12,0	090
	1	229		852	870	888	906	923	941	959	977	995	012	5	9	12,5	094
	2	230	54	050	068	086	104	121	139	157	174	192	210	6	11	13,0	098
	3	231		208	225	243	260	278	296	313	331	349	366	7	12	13,5	102
	4	232		384	402	419	437	454	472	490	507	525	542	8	14	14,0	105
	5	233		560	577	595	612	630	647	665	682	700	717	9	16	14,5	109
	6	234		735	752	770	787	805	822	839	857	874	892			15,0	113
xx.	7	235		909	926	944	961	978	996	013	030	048	065	1	2	15,5	117
	8	236	55	082	100	117	134	152	169	186	203	221	238	2	5	16,0	120
	9	237		255	272	290	307	324	341	358	376	393	410	3	5	16,5	124
	10	238		437	454	471	489	506	523	540	557	574	591	4	7	17,0	127
	11	239		599	616	633	650	667	684	701	718	735	752	5	8	17,5	131
	0	240		769	786	803	820	837	854	871	888	905	922	6	10	18,0	135
	1	241		914	931	947	964	981	998	014	031	048	065	7	12	18,5	139
	2	242	56	108	125	142	159	176	193	209	226	243	260	8	14	19,0	143
	3	243		287	303	319	337	354	371	388	404	421	438	9	15	19,5	146
	4	244		445	461	478	495	511	528	545	562	578	595			20,0	150
		N.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P. P.				

Logarithmes vulgaires multipliés par 0,94077.														Correction de logarithmes		
proc. log.	N.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P. P.		0,00		
XX.	5	245	56	612	628	645	662	678	695	711	728	745	761	1	2	1,0
	6	246	778	795	811	828	844	861	878	894	911	927	943	2	3	1,5
	7	247	944	960	977	993	*010	*026	*043	*059	*076	*092	*108	3	4	2,0
	8	248	57	109	125	142	159	175	192	209	225	242	259	4	5	2,5
	9	249	275	291	308	324	340	356	372	389	405	421	438	5	6	3,0
	10	250	457	473	489	506	522	539	555	571	588	604	621	6	7	3,5
	11	251	600	616	633	649	665	681	698	714	730	746	763	7	8	4,0
	12	252	763	779	795	811	827	843	860	876	892	908	924	8	9	4,5
	13	253	924	941	957	973	989	*005	*021	*037	*053	*069	*085	9	10	5,0
	14	254	58	086	102	118	134	150	166	182	198	214	230			5,5
XXI.	5	255	246	262	278	294	310	326	342	358	374	390	406	1	2	6,0
	6	256	406	422	438	454	470	486	502	518	534	550	566	2	3	6,5
	7	257	565	581	597	613	629	645	661	677	693	709	725	3	4	7,0
	8	258	724	740	756	771	787	803	819	835	851	867	883	4	5	7,5
	9	259	882	898	914	929	945	961	977	993	*008	*024	*040	5	6	8,0
	10	260	59	040	055	071	087	102	118	134	149	165	181	6	7	8,5
	11	261	193	212	228	243	259	274	290	306	321	337	353	7	8	9,0
	12	262	355	368	384	399	415	430	446	462	477	493	509	8	9	9,5
	13	263	508	523	539	555	570	586	601	617	632	648	664	9	10	10,0
	14	264	663	679	694	710	725	740	756	771	787	802	818			10,5
XXII.	1	265	818	833	848	864	879	895	910	925	941	956	971	1	2	10,5
	2	266	972	987	*002	*018	*033	*048	*063	*079	*094	*110	*125	2	3	11,0
	3	267	40	125	140	155	171	186	201	217	232	247	263	3	4	11,5
	4	268	278	293	308	323	339	354	369	384	399	415	430	4	5	12,0
	5	269	430	445	460	475	490	506	521	536	551	566	582	5	6	12,5
	6	270	582	597	612	627	642	657	672	687	702	717	732	6	7	13,0
	7	271	732	747	762	777	792	807	822	837	852	867	882	7	8	13,5
	8	272	883	898	913	928	943	958	973	988	*003	*018	*033	8	9	14,0
	9	273	41	034	049	064	079	094	109	124	139	154	169	9	10	14,5
	10	274	182	197	212	227	242	257	272	287	302	317	332			15,0
XXIII.	11	275	331	346	361	376	390	405	420	435	450	465	480	1	2	15,5
	12	276	480	494	509	524	539	553	568	583	598	613	628	2	3	16,0
	13	277	627	642	657	671	686	701	716	730	745	760	775	3	4	16,5
	14	278	774	789	804	819	833	848	863	877	892	907	921	4	5	17,0
	15	279	921	936	950	965	980	994	*009	*023	*038	*053	*067	5	6	17,5
	16	280	42	067	082	097	111	126	140	155	169	183	198	6	7	18,0
	17	281	215	228	242	257	271	286	300	315	329	344	358	7	8	18,5
	18	282	358	373	387	402	416	430	445	459	474	488	503	8	9	19,0
	19	283	503	517	532	546	560	575	589	604	618	633	647	9	10	19,5
	20	284	647	661	676	690	704	719	733	747	762	776				20,0
	N.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P. P.				

Logarithmes vulgaires multipliés par 0,94077.														Correction des logarithmes	
proc. sig.	N.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P. P.	P. P.	Diff. d'un dix.	0,00
xiii.	9 285	42 790	805	810	854	848	863	877	891	906	920	1 1	1	1	1,0007
	10 286	935	940	965	977	991	*005	*020	*034	*048	*062	2 5	5	2	1,0011
	11 287	45 076	090	105	110	133	147	161	176	190	204	3 4	4	3	2,0015
	0 288	218	233	247	261	275	289	303	317	332	346	4 6	6	4	2,5019
xiv.	1 289	360	374	388	402	416	431	445	459	473	487	5 7	7	5	3,0022
	2 290	501	515	529	543	557	571	585	600	614	628	6 8	8	6	3,5025
	3 291	642	656	670	684	698	712	726	740	754	768	7 10	10	7	4,0030
	4 292	783	797	810	824	838	851	865	879	893	907	8 11	11	8	4,5034
xv.	5 293	921	935	949	963	977	991	*005	*019	*033	*047	9 15	15	9	5,0037
	6 294	44 061	075	088	102	116	130	144	158	172	186				5,5041
	7 295	200	213	227	241	255	268	282	296	310	324	1 1	1	1	6,0045
	8 296	358	352	365	379	393	407	421	434	448	462	2 5	5	2	6,5049
xvi.	9 297	476	489	503	517	531	544	558	572	585	599	3 4	4	3	7,0052
	10 298	613	627	640	654	668	681	695	709	722	736	4 5	5	4	7,5056
	11 299	750	763	777	791	804	818	832	845	859	873	5 7	7	5	8,0060
	0 300	886	900	913	927	941	954	968	981	995	*009	6 8	8	6	8,5064
xvii.	1 301	45 022	036	049	063	076	090	104	117	131	144	7 10	10	7	9,0068
	2 302	158	171	185	198	212	225	239	252	266	279	8 11	11	8	9,5071
	3 303	293	306	320	333	347	360	374	387	401	414	9 12	12	9	10,0075
	4 304	428	441	454	468	481	495	508	521	535	548				
xviii.	5 305	562	575	588	602	615	628	642	655	669	682	1 1	1	1	10,5079
	6 306	693	709	722	735	749	762	775	789	802	815	2 5	5	2	11,0082
	7 307	820	834	855	868	882	895	908	922	935	948	3 4	4	3	11,5087
	8 308	912	925	938	*001	*014	*028	*041	*054	*067	*081	4 5	5	4	12,0090
xix.	9 309	46 094	107	120	134	147	160	173	186	200	213	5 7	7	5	12,5094
	10 310	226	239	252	265	279	292	305	318	331	344	6 8	8	6	13,0098
	11 311	357	370	384	397	410	423	435	449	462	476	7 9	9	7	13,5102
	0 312	489	502	515	528	541	554	567	580	593	606	8 10	10	8	14,0105
xx.	1 313	619	632	645	658	671	684	698	711	724	737	9 12	12	9	14,5109
	2 314	750	763	776	789	802	815	828	841	854	867				15,0113
	3 315	880	893	906	919	932	945	958	971	985	998	1 1	1	1	15,5117
	4 316	47 000	022	035	048	061	074	087	100	113	125	2 5	5	2	16,0120
xxi.	5 317	134	151	164	177	190	203	215	228	241	254	3 4	4	3	16,5124
	6 318	267	280	293	306	318	331	344	357	370	382	4 5	5	4	17,0128
	7 319	393	408	421	434	446	459	472	485	498	510	5 6	6	5	17,5131
	8 320	523	536	549	561	574	587	600	612	625	638	6 8	8	6	18,0135
xxii.	9 321	651	665	676	689	701	714	727	739	752	765	7 9	9	7	18,5139
	10 322	778	790	803	816	828	841	854	867	879	892	8 10	10	8	19,0143
	11 323	904	917	930	942	955	967	980	993	*005	*018	9 11	11	9	19,5146
	0 324	48 031	043	056	068	081	094	106	119	131	144				20,0150
xxvii.		N.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P. P.		

Logarithmes vulgaires multipliés par 0,94077.												
progr. sup.	N.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P. P.
xxvij.	1	325	48	157	160	182	194	207	219	232	244	257
	2	326	282	295	307	320	332	345	357	370	382	395
	3	327	407	420	432	445	457	470	482	495	507	520
	4	328	552	564	577	590	602	615	627	640	652	665
	5	329	686	699	711	724	736	749	761	774	786	799
	6	330	820	832	845	857	870	882	895	907	920	932
	7	331	964	976	989	1001	1014	1026	1039	1051	1064	1076
	8	332	1109	1121	1134	1146	1159	1171	1184	1196	1209	1221
	9	333	1256	1268	1281	1293	1306	1318	1331	1343	1356	1368
	10	334	1403	1415	1428	1440	1453	1465	1478	1490	1503	1515
xxviii.	11	335	505	407	419	432	444	456	468	481	493	505
	0	336	518	530	542	555	567	579	591	604	616	628
	1	337	638	650	662	674	686	699	711	723	736	748
	2	338	759	771	783	795	807	819	831	844	856	868
	3	339	880	892	904	916	928	940	952	964	976	988
	4	340	50	000								
	N.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	P. P.

Pour la correction des logarithmes, voyez la page précédente.

SECONDE TABLE.

Correction pour la température de l'air.

A	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°	15°
100	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
200	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,0
300	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,6	4,2	4,8	5,4	6,0	6,6	7,2	7,8	8,4	9,0
400	0,8	1,6	2,4	3,2	4,0	4,8	5,6	6,4	7,2	8,0	8,8	9,6	10,4	11,2	12,0
500	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0
600	1,2	2,4	3,6	4,8	6,0	7,2	8,4	9,6	10,8	12,0	13,2	14,4	15,6	16,8	18,0
700	1,4	2,8	4,2	5,6	7,0	8,4	9,8	11,2	12,6	14,0	15,4	16,8	18,2	19,6	21,0
800	1,6	3,2	4,8	6,4	8,0	9,6	11,2	12,8	14,4	16,0	17,6	19,2	20,8	22,4	24,0
900	1,8	3,6	5,4	7,2	9,0	10,8	12,6	14,4	16,2	18,0	19,8	21,6	23,4	25,2	27,0
1000	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0	22,0	24,0	26,0	28,0	30,0
1100	2,2	4,4	6,6	8,8	11,0	13,2	15,4	17,6	19,8	22,0	24,2	26,4	28,6	30,8	33,0
1200	2,4	4,8	7,2	9,6	12,0	14,4	16,8	19,2	21,6	24,0	26,4	28,8	31,2	33,6	36,0
1300	2,6	5,2	7,8	10,4	13,0	15,6	18,2	20,8	23,4	26,0	28,6	31,2	33,8	36,4	39,0
1400	2,8	5,6	8,4	11,2	14,0	16,8	19,6	22,4	25,2	28,0	30,8	33,6	36,4	39,2	42,0
1500	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0	18,0	21,0	24,0	27,0	30,0	33,0	36,0	39,0	42,0	45,0
1600	3,2	6,4	9,6	12,8	16,0	19,2	22,4	25,6	28,8	32,0	35,2	38,4	41,6	44,8	48,0
1700	3,4	6,8	10,2	13,6	17,0	20,4	23,8	27,2	30,6	34,0	37,4	40,8	44,2	47,6	51,0
1800	3,6	7,2	10,8	14,4	18,0	21,6	25,2	28,8	32,4	36,0	39,6	43,2	46,8	50,4	54,0
1900	3,8	7,6	11,4	15,2	19,0	22,8	26,6	30,4	34,2	38,0	41,8	45,6	49,4	53,2	57,0
2000	4,0	8,0	12,0	16,0	20,0	24,0	28,0	32,0	36,0	40,0	44,0	48,0	52,0	56,0	60,0
2100	4,2	8,4	12,6	16,8	21,0	25,2	29,4	33,6	37,8	42,0	46,2	50,4	54,6	58,8	63,0
2200	4,4	8,8	13,2	17,6	22,0	26,4	30,8	35,2	39,6	44,0	48,4	52,8	57,2	61,6	66,0
2300	4,6	9,2	13,8	18,4	23,0	27,6	32,2	36,8	41,4	46,0	50,6	55,2	59,8	64,4	69,0
2400	4,8	9,6	14,4	19,2	24,0	28,8	33,6	38,4	43,2	48,0	52,8	57,6	62,4	67,2	72,0
2500	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0	55,0	60,0	65,0	70,0	75,0
2600	5,2	10,4	15,6	20,8	26,0	31,2	36,4	41,6	46,8	52,0	57,2	62,4	67,6	72,8	78,0
2700	5,4	10,8	16,2	21,6	27,0	32,4	37,8	43,2	48,6	54,0	59,4	64,8	70,2	75,6	81,0
2800	5,6	11,2	16,8	22,4	28,0	33,6	39,2	44,8	50,4	56,0	61,6	67,2	72,8	78,4	84,0
2900	5,8	11,6	17,4	23,2	29,0	34,8	40,8	46,4	52,0	58,0	63,8	69,6	75,4	81,2	87,0
3000	6,0	12,0	18,0	24,0	30,0	36,0	42,0	48,0	54,0	60,0	66,0	72,0	78,0	84,0	90,0
P P	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°	15°
10	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3
20	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
30	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9
40	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
50	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
60	0,1	0,2	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7
70	0,1	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0
80	0,2	0,5	0,5	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,2	2,4
90	0,2	0,4	0,5	0,7	0,9	0,9	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7

Correction pour la température de l'air.

A	16°	17°	18°	19°	20°	21°	22°	23°	24°	25°	26°	27°	28°	29°	30°
100	5,2	5,4	5,6	5,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0
200	6,4	6,8	7,2	7,6	8,0	8,4	8,8	9,2	9,6	10,0	10,4	10,8	11,2	11,6	12,0
300	9,6	10,2	10,8	11,4	12,0	12,6	13,2	13,8	14,4	15,0	15,6	16,2	16,8	17,4	18,0
400	12,8	13,6	14,4	15,2	16,0	16,8	17,6	18,4	19,2	20,0	20,8	21,6	22,4	23,2	24,0
500	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0	22,0	23,0	24,0	25,0	26,0	27,0	28,0	29,0	30,0
600	19,2	20,4	21,6	22,8	24,0	25,2	26,4	27,6	28,8	30,0	31,2	32,4	33,6	34,8	36,0
700	22,4	23,8	25,2	26,6	28,0	29,4	30,8	32,2	33,6	35,0	36,4	37,8	39,2	40,6	42,0
800	25,6	27,2	28,8	30,4	32,0	33,6	35,2	36,8	38,4	40,0	41,6	43,2	44,8	46,4	48,0
900	28,8	30,6	32,4	34,2	36,0	37,8	39,6	41,4	43,2	45,0	46,8	48,6	50,4	52,2	54,0
1000	32,0	34,0	36,0	38,0	40,0	42,0	44,0	46,0	48,0	50,0	52,0	54,0	56,0	58,0	60,0
1100	35,2	37,4	39,6	41,8	44,0	46,2	48,4	50,6	52,8	55,0	57,2	59,4	61,6	63,8	66,0
1200	38,4	40,8	43,2	45,6	48,0	50,4	52,8	55,2	57,6	60,0	62,4	64,8	67,2	69,6	72,0
1300	41,6	44,2	46,8	49,4	52,0	54,6	57,2	59,8	62,4	65,0	67,6	70,2	72,8	75,4	78,0
1400	44,8	47,6	50,4	53,2	56,0	58,8	61,6	64,4	67,2	70,0	72,8	75,6	78,4	81,2	84,0
1500	48,0	51,0	54,0	57,0	60,0	63,0	66,0	69,0	72,0	75,0	78,0	81,0	84,0	87,0	90,0
1600	51,2	54,4	57,6	60,8	64,0	67,2	70,4	73,6	76,8	80,0	83,2	86,4	89,6	92,8	96,0
1700	54,4	57,8	61,2	64,6	68,0	71,4	74,8	78,2	81,6	85,0	88,4	91,8	95,2	98,6	102,0
1800	57,6	61,2	64,8	68,4	72,0	75,6	79,2	82,8	86,4	90,0	93,6	97,2	100,8	104,4	108,0
1900	60,8	64,6	68,4	72,2	76,0	79,8	83,6	87,4	91,2	95,0	98,8	102,6	106,4	110,2	114,0
2000	64,0	68,0	72,0	76,0	80,0	84,0	88,0	92,0	96,0	100,0	104,0	108,0	112,0	116,0	120,0
2100	67,2	71,4	75,6	79,8	84,0	88,2	92,4	96,6	100,8	105,0	109,2	113,4	117,6	121,8	126,0
2200	70,4	74,8	79,2	83,6	88,0	92,4	96,8	101,2	105,6	110,0	114,4	118,8	123,2	127,6	132,0
2300	73,6	78,2	82,8	87,4	92,0	96,6	101,2	105,8	110,4	115,0	119,6	124,2	128,8	133,4	138,0
2400	76,8	81,6	86,4	91,2	96,0	100,8	105,6	110,4	115,2	120,0	124,8	129,6	134,4	139,2	144,0
2500	80,0	85,0	90,0	95,0	100,0	105,0	110,0	115,0	120,0	125,0	130,0	135,0	140,0	145,0	150,0
2600	83,2	88,4	93,6	98,8	104,0	109,2	114,4	119,6	124,8	130,0	135,2	140,4	145,6	150,8	156,0
2700	86,4	91,8	97,2	102,6	108,0	113,4	118,8	124,2	129,6	135,0	140,4	145,8	151,2	156,6	162,0
2800	89,6	95,2	100,8	106,4	112,0	117,6	123,2	128,8	134,4	140,0	145,6	151,2	156,8	162,4	168,0
2900	92,8	98,6	104,4	110,2	116,0	121,8	127,6	133,4	139,2	145,0	150,8	156,6	162,4	168,2	174,0
3000	96,0	102,0	108,0	114,0	120,0	126,0	132,0	138,0	144,0	150,0	156,0	162,0	168,0	174,0	180,0
P P	16°	17°	18°	19°	20°	21°	22°	23°	24°	25°	26°	27°	28°	29°	30°
10	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
20	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2
30	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8
40	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,4
50	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0
60	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5	3,6
70	2,2	2,4	2,5	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	3,4	3,5	3,6	3,8	4,0	4,1	4,2
80	2,6	2,7	2,9	3,0	3,2	3,4	3,5	3,7	3,8	4,0	4,2	4,3	4,5	4,6	4,8
90	2,9	3,1	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,2	5,4

Correction pour la température de l'air.

A	31°	32°	33°	34°	35°	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°	44°	45°
100	6,2	6,4	6,6	6,8	7,0	7,2	7,4	7,6	7,8	8,0	8,2	8,4	8,6	8,8	9,0
200	12,4	12,8	13,2	13,6	14,0	14,4	14,8	15,2	15,6	16,0	16,4	16,8	17,2	17,6	18,0
300	18,6	19,2	19,8	20,4	21,0	21,6	22,2	22,8	23,4	24,0	24,6	25,2	25,8	26,4	27,0
400	24,8	25,6	26,4	27,2	28,0	28,8	29,6	30,4	31,2	32,0	32,8	33,6	34,4	35,2	36,0
500	31,0	32,0	33,0	34,0	35,0	36,0	37,0	38,0	39,0	40,0	41,0	42,0	43,0	44,0	45,0
600	37,2	38,4	39,6	40,8	42,0	43,2	44,4	45,6	46,8	48,0	49,2	50,4	51,6	52,8	54,0
700	43,4	44,8	46,2	47,6	49,0	50,4	51,8	53,2	54,6	56,0	57,4	58,8	60,2	61,6	63,0
800	49,6	51,2	52,8	54,4	56,0	57,6	59,2	60,8	62,4	64,0	65,6	67,2	68,8	70,4	72,0
900	55,8	57,6	59,4	61,2	63,0	64,8	66,6	68,4	70,2	72,0	73,8	75,6	77,4	79,2	81,0
1000	62,0	64,0	66,0	68,0	70,0	72,0	74,0	76,0	78,0	80,0	82,0	84,0	86,0	88,0	90,0
1100	68,2	70,4	72,6	74,8	77,0	79,2	81,4	83,6	85,8	88,0	90,2	92,4	94,6	96,8	99,0
1200	74,4	76,8	79,2	81,6	84,0	86,4	88,8	91,2	93,6	96,0	98,4	100,8	103,2	105,6	108,0
1300	80,6	83,2	85,8	88,4	91,0	93,6	96,2	98,8	101,4	104,0	106,6	109,2	111,8	114,4	117,0
1400	86,8	89,6	92,4	95,2	98,0	100,8	103,6	106,4	109,2	112,0	114,8	117,6	120,4	123,2	126,0
1500	93,0	96,0	99,0	102,0	105,0	108,0	111,0	114,0	117,0	120,0	123,0	126,0	129,0	132,0	135,0
1600	99,2	102,4	105,6	108,8	112,0	115,2	118,4	121,6	124,8	128,0	131,2	134,4	137,6	140,8	144,0
1700	105,4	108,8	112,2	115,6	119,0	122,4	125,8	129,2	132,6	136,0	139,4	142,8	146,2	149,6	153,0
1800	111,6	115,2	118,8	122,4	126,0	129,6	133,2	136,8	140,4	144,0	147,6	151,2	154,8	158,4	162,0
1900	117,8	121,6	125,4	129,2	133,0	136,8	140,6	144,4	148,2	152,0	155,8	159,6	163,4	167,2	171,0
2000	124,0	128,0	132,0	136,0	140,0	144,0	148,0	152,0	156,0	160,0	164,0	168,0	172,0	176,0	180,0
2100	130,2	134,4	138,6	142,8	147,0	151,2	155,4	159,6	163,8	168,0	172,2	176,4	180,6	184,8	189,0
2200	136,4	140,8	145,2	149,6	154,0	158,4	162,8	167,2	171,6	176,0	180,4	184,8	189,2	193,6	198,0
2300	142,6	147,2	151,8	156,4	161,0	165,6	170,2	174,8	179,4	184,0	188,6	193,2	197,8	202,4	207,0
2400	148,8	153,6	158,4	163,2	168,0	172,8	177,6	182,4	187,2	192,0	196,8	201,6	206,4	211,2	216,0
2500	155,0	160,0	165,0	170,0	175,0	180,0	185,0	190,0	195,0	200,0	205,0	210,0	215,0	220,0	225,0
2600	161,2	166,4	171,6	176,8	182,0	187,2	192,4	197,6	202,8	208,0	213,2	218,4	223,6	228,8	234,0
2700	167,4	172,8	178,2	183,6	189,0	194,4	199,8	205,2	210,6	216,0	221,4	226,8	232,2	237,6	243,0
2800	173,6	179,2	184,8	190,4	196,0	201,6	207,2	212,8	218,4	224,0	229,6	235,2	240,8	246,4	252,0
2900	179,8	185,6	191,4	197,2	203,0	208,8	214,6	220,4	226,2	232,0	237,8	243,6	249,4	255,2	261,0
3000	186,0	192,0	198,0	204,0	210,0	216,0	222,0	228,0	234,0	240,0	246,0	252,0	258,0	264,0	270,0
P-P	31°	32°	33°	34°	35°	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°	44°	45°
10	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9
20	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8
30	1,9	1,9	2,0	2,0	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,5	2,5	2,6	2,6	2,7
40	2,5	2,6	2,6	2,7	2,8	2,8	2,9	3,0	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6
50	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,5	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5
60	3,7	3,8	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,2	5,3	5,4
70	4,3	4,5	4,6	4,8	4,9	5,0	5,2	5,3	5,5	5,6	5,7	5,9	6,0	6,2	6,3
80	5,0	5,1	5,3	5,4	5,6	5,8	5,9	6,1	6,2	6,4	6,6	6,7	6,9	7,0	7,2
90	5,6	5,8	5,9	6,1	6,3	6,5	6,7	6,8	7,0	7,2	7,4	7,6	7,7	7,9	8,1

Correction pour la température de l'air.

A	46°	47°	48°	49°	50°	51°	52°	53°	54°	55°	56°	57°	58°	59°	60°
100	9,2	9,4	9,6	9,8	10,0	10,2	10,4	10,6	10,8	11,0	11,2	11,4	11,6	11,8	12,0
200	18,4	18,8	19,2	19,6	20,0	20,4	20,8	21,2	21,6	22,0	22,4	22,8	23,2	23,6	24,0
300	27,6	28,2	28,8	29,4	30,0	30,6	31,2	31,8	32,4	33,0	33,6	34,2	34,8	35,4	36,0
400	36,8	37,6	38,4	39,2	40,0	40,8	41,6	42,4	43,2	44,0	44,8	45,6	46,4	47,2	48,0
500	46,0	47,0	48,0	49,0	50,0	51,0	52,0	53,0	54,0	55,0	56,0	57,0	58,0	59,0	60,0
600	55,2	56,4	57,6	58,8	60,0	61,2	62,4	63,6	64,8	66,0	67,2	68,4	69,6	70,8	72,0
700	64,4	65,8	67,2	68,6	70,0	71,4	72,8	74,2	75,6	77,0	78,4	79,8	81,2	82,6	84,0
800	73,6	75,2	76,8	78,4	80,0	81,6	83,2	84,8	86,4	88,0	89,6	91,2	92,8	94,4	96,0
900	82,8	84,6	86,4	88,2	90,0	91,8	93,6	95,4	97,2	99,0	100,8	102,6	104,4	106,2	108,0
1000	92,0	94,0	96,0	98,0	100,0	102,0	104,0	106,0	108,0	110,0	112,0	114,0	116,0	118,0	120,0
1100	101,2	103,4	105,6	107,8	110,0	112,2	114,4	116,6	118,8	121,0	123,2	125,4	127,6	129,8	132,0
1200	110,4	112,8	115,2	117,6	120,0	122,4	124,8	127,2	129,6	132,0	134,4	136,8	139,2	141,6	144,0
1300	119,6	122,2	124,8	127,4	130,0	132,6	135,2	137,8	140,4	143,0	145,6	148,2	150,8	153,4	156,0
1400	128,8	131,6	134,4	137,2	140,0	142,8	145,6	148,4	151,2	154,0	156,8	159,6	162,4	165,2	168,0
1500	138,0	141,0	144,0	147,0	150,0	153,0	156,0	159,0	162,0	165,0	168,0	171,0	174,0	177,0	180,0
1600	147,2	150,4	153,6	156,8	160,0	163,2	166,4	169,6	172,8	176,0	179,2	182,4	185,6	188,8	192,0
1700	156,4	159,8	163,2	166,6	170,0	173,4	176,8	180,2	183,6	187,0	190,4	193,8	197,2	200,6	204,0
1800	165,6	169,2	172,8	176,4	180,0	183,6	187,2	190,8	194,4	198,0	201,6	205,2	208,8	212,4	216,0
1900	174,8	178,6	182,4	186,2	190,0	193,8	197,6	201,4	205,2	209,0	212,8	216,6	220,4	224,2	228,0
2000	184,0	188,0	192,0	196,0	200,0	204,0	208,0	212,0	216,0	220,0	224,0	228,0	232,0	236,0	240,0
2100	193,2	197,4	201,6	205,8	210,0	214,2	218,4	222,6	226,8	231,0	235,2	239,4	243,6	247,8	252,0
2200	202,4	206,8	211,2	215,6	220,0	224,4	228,8	233,2	237,6	242,0	246,4	250,8	255,2	259,6	264,0
2300	211,6	216,2	220,8	225,4	230,0	234,6	239,2	243,8	248,4	253,0	257,6	262,2	266,8	271,4	276,0
2400	220,8	225,6	230,4	235,2	240,0	244,8	249,6	254,4	259,2	264,0	268,8	273,6	278,4	283,2	288,0
2500	230,0	235,0	240,0	245,0	250,0	255,0	260,0	265,0	270,0	275,0	280,0	285,0	290,0	295,0	300,0
2600	239,2	244,4	249,6	254,8	260,0	265,2	270,4	275,6	280,8	286,0	291,2	296,4	301,6	306,8	312,0
2700	248,4	253,8	259,2	264,6	270,0	275,4	280,8	286,2	291,6	297,0	302,4	307,8	313,2	318,6	324,0
2800	257,6	263,2	268,8	274,4	280,0	285,6	291,2	296,8	302,4	308,0	313,6	319,2	324,8	330,4	336,0
2900	266,8	272,6	278,4	284,2	290,0	295,8	301,6	307,4	313,2	319,0	324,8	330,6	336,4	342,2	348,0
3000	276,0	282,0	288,0	294,0	300,0	306,0	312,0	318,0	324,0	330,0	336,0	342,0	348,0	354,0	360,0
P P	46°	47°	48°	49°	50°	51°	52°	53°	54°	55°	56°	57°	58°	59°	60°
10	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2
20	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4
30	2,8	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6
40	3,7	3,8	3,8	4,0	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,6	4,7	4,8	4,9
50	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0
60	5,5	5,6	5,8	5,9	6,0	6,1	6,2	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	7,0	7,1	7,2
70	6,4	6,6	6,7	6,9	7,0	7,1	7,3	7,4	7,6	7,7	7,8	8,0	8,1	8,3	8,4
80	7,3	7,5	7,7	7,8	8,0	8,2	8,3	8,5	8,6	8,8	9,0	9,1	9,3	9,4	9,6
90	8,3	8,5	8,6	8,8	9,0	9,2	9,3	9,5	9,7	9,9	10,1	10,3	10,4	10,6	10,8

Fraction de la somme des thermomètres libres.																				
A	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
150	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
200	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4
250	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5
300	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6
350	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7
400	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8
450	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9
500	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0
550	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0	1,1
600	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2
650	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3
700	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4
750	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5
800	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
850	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
900	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
950	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
1000	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
1050	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1
1100	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2
1150	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,1	2,2	2,3	2,5
1200	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,1	2,2	2,3	2,4	2,6
1250	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,5
1300	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,6	1,7	1,8	1,8	2,1	2,2	2,3	2,5	2,6	2,6
1350	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9	1,9	2,2	2,3	2,4	2,6	2,7
1400	0,1	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,1	2,2	2,4	2,5	2,7	2,8
1450	0,1	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,3	2,5	2,6	2,8	2,9
1500	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,2	2,4	2,5	2,7	2,8	3,0
	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00

Fraction de la somme des thermomètres libres.

A	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
1550	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5	2,6	2,8	2,9	3,1
1600	0,2	0,3	0,5	0,7	0,8	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6	2,7	2,9	3,0	3,2
1650	0,2	0,3	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5	2,6	2,8	3,0	3,1	3,3
1700	0,2	0,3	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,7	2,9	3,1	3,3	3,4
1750	0,2	0,3	0,5	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,4	2,6	2,8	3,0	3,1	3,3	3,5
1800	0,2	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,7	2,9	3,1	3,2	3,4	3,6
1850	0,2	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,8	3,0	3,2	3,3	3,5	3,7
1900	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8
1950	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	3,7	3,9
2000	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0
2050	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	3,7	3,9	4,1
2100	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2
2150	0,2	0,4	0,6	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,7	3,9	4,1	4,3
2200	0,2	0,4	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,9	3,1	3,3	3,5	3,7	4,0	4,2	4,4
2250	0,2	0,4	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4	3,6	3,8	4,1	4,3	4,5
2300	0,2	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,6	1,8	2,1	2,3	2,5	2,8	3,0	3,2	3,4	3,7	3,9	4,1	4,4	4,6
2350	0,2	0,5	0,7	0,9	1,2	1,4	1,6	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,3	3,5	3,8	4,0	4,2	4,5	4,7
2400	0,2	0,5	0,7	1,0	1,2	1,4	1,7	1,9	2,2	2,4	2,6	2,9	3,1	3,4	3,6	3,8	4,1	4,3	4,6	4,8
2450	0,2	0,5	0,7	1,0	1,2	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7	3,9	4,1	4,4	4,7	4,9
2500	0,2	0,5	0,7	1,0	1,3	1,5	1,7	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,2	3,5	3,7	4,0	4,2	4,5	4,7	5,0
2550	0,3	0,5	0,8	1,0	1,3	1,5	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8	4,1	4,3	4,6	4,8	5,1
2600	0,3	0,5	0,8	1,0	1,3	1,6	1,8	2,1	2,3	2,6	2,9	3,1	3,4	3,6	3,9	4,2	4,4	4,7	4,9	5,2
2650	0,3	0,5	0,8	1,1	1,3	1,6	1,9	2,1	2,4	2,6	2,9	3,2	3,5	3,7	4,0	4,2	4,5	4,8	5,0	5,3
2700	0,3	0,5	0,8	1,1	1,3	1,6	1,9	2,2	2,4	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1	4,3	4,6	4,9	5,1	5,4
2750	0,3	0,5	0,8	1,1	1,4	1,7	1,9	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,1	4,4	4,7	5,0	5,2	5,5
2800	0,3	0,6	0,8	1,1	1,4	1,7	2,0	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8	5,1	5,3	5,6
2850	0,3	0,6	0,8	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,3	4,6	4,8	5,1	5,4	5,7
2900	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,7	2,0	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,6	4,9	5,2	5,5	5,8
2950	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7	5,0	5,3	5,6	5,9
3000	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8	5,1	5,4	5,7	6,0
	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00

Correction pour la latitude et pour la diminution de la pesanteur.

Argument : latitude des Observations et $A+A'$.

$A+A'$	24°	25°	26°	27°	28°	29°	30°	31°	32°	33°	34°	35°	36°	37°	38°	39°
100	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
200	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7
300	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0
400	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4
500	2,4	2,4	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8
600	2,9	2,9	2,9	2,8	2,7	2,7	2,6	2,5	2,5	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3	2,2	2,2
700	3,4	3,4	3,3	3,2	3,2	3,1	3,1	3,0	2,9	2,9	2,8	2,7	2,7	2,6	2,6	2,5
800	3,9	3,8	3,7	3,7	3,6	3,6	3,5	3,4	3,3	3,3	3,2	3,1	3,1	3,0	3,0	2,9
900	4,4	4,3	4,2	4,2	4,1	4,1	4,0	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5	3,4	3,4	3,3	3,2
1000	4,9	4,8	4,7	4,7	4,6	4,5	4,4	4,3	4,2	4,1	4,0	3,9	3,8	3,8	3,7	3,6
1100	5,3	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,8	4,7	4,5	4,5	4,4	4,3	4,2	4,1	4,0	3,9
1200	5,9	5,9	5,7	5,6	5,5	5,4	5,3	5,2	5,1	4,9	4,8	4,7	4,6	4,5	4,4	4,3
1300	6,4	6,3	6,2	6,1	6,0	5,9	5,8	5,7	5,6	5,4	5,3	5,2	5,1	5,0	5,0	4,9
1400	7,0	6,8	6,7	6,6	6,5	6,4	6,3	6,2	6,1	5,9	5,8	5,7	5,6	5,4	5,3	5,1
1500	7,4	7,3	7,2	7,1	7,0	6,9	6,8	6,7	6,5	6,4	6,2	6,1	6,0	5,8	5,7	5,5
1600	7,9	7,8	7,7	7,6	7,5	7,4	7,3	7,1	6,9	6,8	6,6	6,5	6,4	6,2	6,1	5,9
1700	8,5	8,4	8,3	8,2	8,0	7,9	7,8	7,6	7,5	7,3	7,2	7,0	6,8	6,7	6,5	6,4
1800	9,2	9,0	8,9	8,7	8,6	8,4	8,3	8,1	8,0	7,8	7,7	7,5	7,3	7,2	7,1	6,9
1900	9,7	9,5	9,4	9,2	9,1	8,9	8,8	8,6	8,4	8,3	8,1	7,9	7,7	7,6	7,4	7,3
2000	10,3	10,1	9,9	9,8	9,6	9,5	9,3	9,1	8,9	8,8	8,6	8,4	8,2	8,0	7,9	7,7
2100	10,9	10,8	10,6	10,4	10,3	10,1	9,9	9,7	9,5	9,4	9,2	9,0	8,8	8,6	8,4	8,2
2200	11,6	11,4	11,2	11,0	10,9	10,7	10,5	10,3	10,1	9,9	9,7	9,5	9,3	9,1	8,9	8,7
2300	12,3	12,1	11,9	11,7	11,5	11,3	11,1	10,9	10,7	10,5	10,3	10,1	9,9	9,7	9,4	9,2
2400	12,9	12,7	12,5	12,3	12,1	11,9	11,7	11,5	11,3	11,0	10,8	10,6	10,4	10,2	9,9	9,7
2500	13,5	13,3	13,1	12,9	12,6	12,4	12,2	12,0	11,8	11,5	11,3	11,1	10,9	10,6	10,4	10,1
2600	14,1	13,9	13,7	13,5	13,2	13,0	12,8	12,6	12,3	12,1	11,8	11,6	11,4	11,1	10,9	10,6
2700	14,7	14,5	14,3	14,0	13,8	13,5	13,3	13,1	12,8	12,6	12,3	12,1	11,8	11,6	11,3	11,1
2800	15,3	15,1	14,9	14,6	14,4	14,1	13,9	13,6	13,4	13,1	12,9	12,6	12,3	12,1	11,8	11,6
2900	15,8	15,6	15,4	15,1	14,9	14,6	14,4	14,1	13,9	13,6	13,4	13,1	12,8	12,5	12,3	12,0
3000	16,4	16,2	16,0	15,7	15,5	15,2	15,0	14,7	14,5	14,3	14,0	13,6	13,3	13,0	12,8	12,5
	24°	25°	26°	27°	28°	29°	30°	31°	32°	33°	34°	35°	36°	37°	38°	39°

Correction pour la latitude et pour la diminution de la pesanteur.															
Argument : latitude de lieu d'observation et $A \pm A'$															
$A \pm A'$	40°	41°	42°	43°	44°	45°	46°	47°	48°	49°	50°	51°	52°	53°	54°
100	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
200	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4
300	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,6
400	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,8
500	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1
600	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3
700	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5
800	2,8	2,7	2,6	2,6	2,5	2,4	2,3	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,9	1,8	1,7
900	3,1	3,0	2,9	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,1	2,0
1000	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1
1100	3,8	3,7	3,6	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4
1200	4,2	4,1	4,0	3,8	3,7	3,6	3,5	3,4	3,2	3,1	3,0	2,9	2,8	2,7	2,6
1300	4,6	4,5	4,4	4,2	4,1	4,0	3,9	3,8	3,6	3,5	3,4	3,3	3,2	3,0	2,9
1400	5,0	4,9	4,8	4,6	4,5	4,4	4,3	4,1	4,0	3,8	3,7	3,6	3,5	3,3	3,2
1500	5,4	5,3	5,1	5,0	4,8	4,7	4,6	4,4	4,3	4,1	4,0	3,9	3,7	3,6	3,4
1600	5,8	5,6	5,5	5,3	5,2	5,0	4,8	4,7	4,5	4,4	4,2	4,1	3,9	3,8	3,6
1700	6,2	6,0	5,9	5,7	5,6	5,4	5,2	5,1	4,9	4,8	4,6	4,4	4,3	4,1	4,0
1800	6,7	6,5	6,3	6,2	6,0	5,8	5,6	5,4	5,3	5,1	4,9	4,7	4,6	4,4	4,3
1900	7,1	6,9	6,7	6,5	6,3	6,1	5,9	5,7	5,6	5,4	5,2	5,0	4,8	4,7	4,5
2000	7,5	7,3	7,1	6,9	6,7	6,5	6,3	6,1	5,9	5,7	5,5	5,3	5,1	5,0	4,8
2100	8,0	7,8	7,6	7,4	7,2	7,0	6,8	6,6	6,4	6,2	6,0	5,8	5,6	5,4	5,2
2200	8,5	8,3	8,1	7,8	7,6	7,4	7,2	7,0	6,8	6,6	6,4	6,2	6,0	5,7	5,5
2300	9,0	8,8	8,6	8,3	8,1	7,9	7,7	7,5	7,2	7,0	6,8	6,6	6,4	6,1	5,9
2400	9,5	9,3	9,0	8,8	8,5	8,3	8,1	7,8	7,6	7,3	7,1	6,9	6,7	6,4	6,2
2500	9,9	9,7	9,4	9,2	8,9	8,7	8,5	8,2	8,0	7,7	7,5	7,3	7,0	6,8	6,5
2600	10,4	10,1	9,9	9,6	9,4	9,1	8,8	8,6	8,3	8,1	7,8	7,6	7,3	7,1	6,8
2700	10,8	10,5	10,3	10,0	9,8	9,5	9,2	9,0	8,7	8,5	8,2	7,9	7,7	7,4	7,2
2800	11,3	11,0	10,7	10,5	10,2	9,9	9,6	9,3	9,1	8,8	8,5	8,2	8,0	7,7	7,5
2900	11,7	11,4	11,1	10,9	10,6	10,3	10,0	9,7	9,5	9,2	8,9	8,6	8,3	8,1	7,8
3000	12,2	11,9	11,6	11,3	11,0	10,7	10,4	10,1	9,8	9,5	9,2	8,9	8,6	8,4	8,1
	40°	41°	42°	43°	44°	45°	46°	47°	48°	49°	50°	51°	52°	53°	54°

TABLES AUXILIAIRES POUR LA MÉTHODE LOGARITHMIQUE.

I. Pour la correction de baromètre supérieur.

II. Pour la diminution de la pesanteur.

III. Pour le coefficient corrigé par la latitude.

Diffé. des therm. $T' - T$	$\Delta T - T$ est positif	$\Delta T - T$ est négatif	$\text{Log. } \frac{P}{P_0}$ ou α	$\text{Log. } f$	$\frac{1}{\text{Log. } \beta}$	$\text{Log. } \beta$	$\frac{1}{\text{Log. } \beta}$	$\text{Log. } \beta$
1 ^{re}	0,99992 0,00008		0,01 0,00150		0 ^o	3,974 71	50 ^o	3,974 10
2	0,99984 0,00016		0,02 0,00150		1	71	51	06
3	0,99974 0,00024		0,03 0,00150		2	71	52	03
4	0,99968 0,00032		0,04 0,00150		3	70	53	00
5	0,99960 0,00040		0,05 0,00150		4	70	54	3,975 96
6	0,99952 0,00048		0,06 0,00150		5	70	55	92
7	0,99944 0,00056		0,07 0,00150		6	69	56	88
8	0,99936 0,00064		0,08 0,00150		7	69	57	83
9	0,99928 0,00072		0,09 0,00150		8	68	58	79
10	0,99920 0,00080		0,10 0,00150		9	66	59	74
11	0,99912 0,00088		0,11 0,00151		10	64	40	70
12	0,99904 0,00096		0,12 0,00152		11	62	41	66
13	0,99896 0,00104		0,13 0,00153		12	61	42	61
14	0,99888 0,00112		0,14 0,00155		13	59	43	57
15	0,99880 0,00120		0,15 0,00156		14	57	44	52
16	0,99872 0,00128		0,16 0,00156		15	55	45	48
17	0,99864 0,00136		0,17 0,00158		16	53	46	44
18	0,99856 0,00144		0,18 0,00159		17	50	47	40
19	0,99848 0,00152		0,19 0,00140		18	48	48	36
20	0,99840 0,00160		0,20 0,00141		19	45	49	32
21	0,99832 0,00168		0,21 0,00145		20	43	50	27
22	0,99824 0,00176		0,22 0,00145		21	40	51	23
23	0,99816 0,00184		0,23 0,00147		22	37	52	19
24	0,99808 0,00192		0,24 0,00148		23	34	53	14
25	0,99800 0,00200		0,25 0,00149		24	31	54	10
26	0,99792 0,00208		0,26 0,00150		25	28	55	06
27	0,99784 0,00216		0,27 0,00152		26	24	56	02
28	0,99776 0,00224		0,28 0,00153		27	21	57	3,975 98
29	0,99768 0,00232		0,29 0,00154		28	17	58	95
30	0,99760 0,00240		0,30 0,00155		29	13	59	92

Log. 7. 10. Pour la somme positive des thermomètres libres.															
t+t'	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	P.	P.	t+t'	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	P.	P.
0*	0,00 000	017	035	052	069	1	1	30*	0,02 531	547	563	580	596	1	1
1	087	104	121	139	156	2	2	31	612	629	645	661	678	2	2
2	173	191	208	225	243	3	3	32	694	710	727	743	759	3	2
3	260	277	294	312	329	4	4	33	776	792	808	825	841	4	5
4	346	363	381	398	415	5	5	34	857	873	890	906	922	5	4
5	432	449	467	484	501	6	5	35	938	955	971	987	*003	6	5
6	518	535	552	570	587	7	6	36	0,03 019	036	052	068	084	7	6
7	603	621	638	655	672	8	7	37	100	117	133	149	165	8	6
8	689	706	724	741	758	9	8	38	181	197	213	230	246	9	7
9	775	792	809	826	843	10	9	39	262	278	294	310	326	10	8
10	860	877	894	911	928	1	1	40	342	358	375	391	407	1	1
11	945	962	979	996	*013	2	2	41	423	439	455	471	487	2	2
12	0,01 050	047	064	081	098	3	2	42	503	519	535	551	567	3	2
13	115	132	148	166	182	4	3	43	583	599	615	631	647	4	5
14	199	216	233	250	267	5	4	44	663	679	695	711	727	5	4
15	284	301	317	334	351	6	5	45	743	759	775	790	806	6	5
16	368	385	402	418	435	7	6	46	822	838	854	870	886	7	6
17	452	469	486	502	519	8	6	47	902	918	933	949	965	8	6
18	536	553	570	586	603	9	7	48	981	997	*013	*029	*044	9	7
19	620	636	653	670	687	10	8	49	0,04 060	076	092	108	123	10	8
20	703	720	737	753	770	1	1	50	139	155	171	187	202	1	1
21	787	803	820	837	853	2	2	51	218	234	250	265	281	2	2
22	870	887	903	920	937	3	2	52	297	313	328	344	360	3	2
23	953	970	986	*003	*020	4	5	53	376	391	407	423	438	4	5
24	0,02 050	053	069	086	102	5	4	54	454	470	485	501	517	5	4
25	119	135	152	169	185	6	5	55	532	548	563	579	595	6	5
26	202	218	235	251	268	7	6	56	610	626	642	657	673	7	5
27	284	301	317	333	350	8	7	57	689	704	720	735	751	8	6
28	366	383	399	416	432	9	7	58	766	782	798	813	829	9	7
29	449	465	481	498	514	10	8	59	844	860	875	891	906	10	8

Log. γ . 20. Pour la somme négative des thermomètres.

$t + f$	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	P.	P.	$t + f$	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	P.	P.
0*	0,00000	*983	*965	*948	*931	1	1	50*	9,975 15	29,4	27,6	25,7	23,9	1	1
1	9,99913	896	878	861	845	2	2	51	220	20,2	18,3	16,5	14,6	2	2
2	826	808	791	774	756	3	5	52	128	10,9	9,0	7,2	5,5	3	5
3	739	721	704	686	669	4	4	53	035	01,6	*997	*979	*960	4	4
4	651	634	616	599	581	5	4	54	9,96942	925	904	886	867	5	5
5	564	546	528	511	493	6	5	55	848	830	811	792	774	6	6
6	476	458	441	423	405	7	6	56	755	736	717	699	680	7	7
7	388	370	352	335	317	8	7	57	661	642	624	605	586	8	8
8	300	282	264	247	229	9	7	58	567	548	530	511	492	9	8
9	211	193	176	158	140	10	8	59	473	454	435	417	398	10	9
10	123	105	87	69	52	1	1	40	379	360	341	323	305	1	1
11	054	016	*998	*981	*963	2	2	41	284	265	246	227	209	2	2
12	9,98945	927	909	892	874	3	5	42	190	171	152	133	114	3	5
13	856	838	820	802	784	4	4	43	095	076	057	038	019	4	4
14	767	749	731	713	695	5	4	44	9,95999	980	961	942	923	5	5
15	677	659	641	623	605	6	5	45	904	885	866	847	828	6	6
16	588	570	552	534	517	7	6	46	809	789	770	751	732	7	7
17	498	480	462	444	426	8	7	47	713	694	674	655	636	8	8
18	408	390	372	354	336	9	8	48	617	598	578	559	540	9	9
19	318	299	281	263	245	10	9	49	521	492	472	453	434	10	10
20	227	209	191	173	155	1	1	50	424	405	386	366	347	1	1
21	137	118	100	82	64	2	2	51	328	308	289	270	250	2	2
22	046	028	009	*991	*973	3	5	52	231	211	192	173	153	3	5
23	9,97955	937	918	900	882	4	4	53	134	114	095	075	056	4	4
24	864	845	827	809	791	5	5	54	036	017	*998	*978	*959	5	5
25	773	754	736	717	699	6	6	55	9,94939	919	900	880	861	6	6
26	681	663	644	626	607	7	6	56	841	822	802	783	763	7	7
27	589	571	552	534	516	8	7	57	743	724	704	685	665	8	8
28	497	479	460	442	424	9	8	58	645	626	606	586	567	9	9
29	405	387	368	350	331	10	9	59	547	527	507	488	468	10	10

TABLE AUXILIAIRE

POUR LA RÉDUCTION DES TOISES EN MÈTRES.

Toises.	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	P.	P.
0	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,6	4,1	4,6		
100	5,1	5,6	6,1	6,6	7,1	7,6	8,2	8,7	9,2	9,7	1	0,05
200	10,2	10,7	11,2	11,7	12,2	12,7	13,3	13,8	14,3	14,8	2	0,10
300	15,3	15,8	16,3	16,8	17,3	17,8	18,4	18,9	19,4	19,9	3	0,15
400	20,4	20,9	21,4	21,9	22,4	22,9	23,5	24,0	24,5	25,0	4	0,20
500	25,5	26,0	26,5	27,0	27,5	28,0	28,5	29,0	29,5	30,0	5	0,25
600	30,6	31,1	31,6	32,1	32,6	33,1	33,7	34,2	34,7	35,2	6	0,30
700	35,7	36,2	36,7	37,2	37,7	38,2	38,7	39,2	39,7	40,2	7	0,35
800	40,8	41,3	41,8	42,3	42,8	43,3	43,9	44,4	44,9	45,4	8	0,41
900	45,9	46,4	46,9	47,4	47,9	48,4	48,9	49,4	49,9	50,4	9	0,46
1000	51,0	51,5	52,0	52,5	53,0	53,5	54,1	54,6	55,1	55,6		
1100	56,1	56,6	57,1	57,6	58,1	58,6	59,1	59,6	60,1	60,6		
1200	61,2	61,8	62,3	62,8	63,3	63,8	64,3	64,8	65,3	65,8		
1300	66,3	66,8	67,3	67,8	68,3	68,8	69,3	69,8	70,3	70,8		
1400	71,4	72,0	72,5	73,0	73,5	74,0	74,5	75,0	75,5	76,0		
1500	76,5	77,0	77,5	78,0	78,5	79,0	79,5	80,0	80,5	81,0		
1600	81,5	82,1	82,6	83,1	83,6	84,1	84,6	85,1	85,6	86,1		
1700	86,6	87,1	87,6	88,1	88,6	89,1	89,6	90,1	90,6	91,1		
1800	91,7	92,3	92,8	93,3	93,8	94,3	94,8	95,3	95,8	96,3		
1900	96,8	97,3	97,8	98,3	98,8	99,3	99,8	100,3	100,8	101,3		
2000	101,9	102,4	102,9	103,4	103,9	104,5	105,0	105,5	106,0	106,5		
2100	107,0	107,5	108,0	108,6	109,1	109,6	110,1	110,6	111,1	111,6		
2200	112,1	112,6	113,1	113,7	114,2	114,7	115,2	115,7	116,2	116,7		
2300	117,2	117,7	118,2	118,8	119,3	119,8	120,3	120,8	121,3	121,8		
2400	122,3	122,8	123,3	123,7	124,3	124,9	125,4	125,9	126,4	126,9		
2500	127,4	127,9	128,4	128,9	129,5	130,0	130,5	131,0	131,5	132,0		
2600	132,5	133,0	133,5	134,1	134,6	135,1	135,6	136,1	136,6	137,1		
2700	137,6	138,1	138,6	139,2	139,7	140,2	140,7	141,2	141,7	142,2		
2800	142,7	143,2	143,7	144,2	144,8	145,3	145,8	146,3	146,8	147,3		
2900	147,8	148,3	148,8	149,3	149,8	150,3	150,8	151,4	151,9	152,4		
3000	152,9	153,4	153,9	154,4	154,9	155,4	155,9	156,5	157,0	157,5		
0	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90		

Sur la construction des Tables hypsométriques , par
JABBO OLTMANNS.

On a souvent désiré des tables qui facilitassent le calcul des nivellemens barométriques. C'est *Horsley* et *Shuckburgh* qui les premiers essayèrent de dresser de pareilles tables : le travail du premier se trouve dans un mémoire inséré dans les *Transactions philosophiques* , et intitulé : *De Luc's rules for the measurement of heights by the barometer, etc., with tables and precepts for expediting the practical application of them*. Celui de *Shuckburgh* porte le titre d'*Observations made in Savoy on order to ascertain the heights of mountains, by means of the barometer*. D'autres tables de ce genre ont été dressées par *Wünsch* ; mais toutes ont manqué le but principal , qui est de faciliter et de simplifier le calcul ; il paroît d'ailleurs qu'elles sont peu connues et qu'on ne s'en est guère servi.

M. *Biot* , dans son *Astronomie physique* , donne quelques tables auxiliaires pour des élévations barométriques moyennes ; on en trouve de plus générales dans le journal de *Zach* * : celles-ci ne laissent rien à désirer sous le rapport de l'exactitude de la formule qui leur sert de base ; mais , pour s'en servir , il faut faire des interpolations assez longues , car elles ne sont qu'un abrégé de tables plus considérables , formant quatre-vingt-seize pages in-8° , et je ne me rappelle pas que ces dernières aient été publiées.

Quoi qu'il en soit , il m'a paru qu'on pouvoit fort bien réduire en tables auxiliaires la formule de M. *Laplace*. Ma première tentative me fait espérer qu'un travail plus perfectionné facilitera beaucoup le calcul des observations barométriques.

En dressant mes Tables hypsométriques , mon principal objet étoit de me rendre utile aux observateurs voyageurs qui ne peuvent pas toujours se charger de tables volumineuses de logarithmes. Il falloit donc ménager les chiffres , ne rien sacrifier de l'exactitude , et faciliter le calcul ; trois conditions assez difficiles à réunir.

* Nachtrag zu Barometer-Messungen.

* Monatliche Correspondenz , 1805.

Mes tables étoient déjà calculées, lorsqu'un grand géomètre me fit l'observation qu'on pouvoit développer la formule fondamentale par des logarithmes simples auxiliaires, comme on a fait pour les nouvelles tables de réfraction. Je n'avois pas employé ce moyen, parce que mon intention étoit de rendre les logarithmes tout-à-fait superflus pour cette opération. Cependant je dressai de nouvelles tables, pour lesquelles on se sert de logarithmes auxiliaires; on trouvera un essai de cette construction dans les tables suivantes. En n'employant pour $\frac{h}{H}$ (dans I et IV, page 357) qu'un seul logarithme, on pourroit simplifier encore beaucoup le calcul des hauteurs barométriques.

Mais, sans parler de tout ce qu'on pourroit encore faire dans la suite, rendons plutôt compte de la manière dont nos Tables hypsométriques ont été calculées.

D'après la *Mécanique céleste*, et en adoptant les signes qui y sont expliqués,

$$z = 9407,7 \cdot (1 + 0,002837 \cos. 24) \left(1 + \frac{2(t+t')}{1000}\right) \cdot \left\{ \left(1 + \frac{z}{a}\right) \cdot \log. \left(\frac{h}{H}\right) + \frac{z}{a} \cdot 0,868589 \right\}$$

On peut donner à cette équation cette autre forme :

$$\begin{aligned} z &= 9407,7 \cdot (1 + 0,002837 \cos. 24) \cdot \left(1 + \frac{2(t+t')}{1000}\right) \cdot \left\{ \log. \left(\frac{h}{H}\right) + \frac{z}{a} \cdot \log. \left(\frac{h}{H}\right) \right. \\ &\quad \left. + \frac{z}{a} \cdot 0,868589 \right\} \\ &= 9407,7 \cdot (1 + 0,002837 \cos. 24) \cdot \left(1 + \frac{2(t+t')}{1000}\right) \cdot \left\{ 1 + \frac{\frac{z}{a} [\log. \left(\frac{h}{H}\right) + 0,868589]}{\log. \left(\frac{h}{H}\right)} \right\} \cdot \log. \left(\frac{h}{H}\right) \end{aligned}$$

Enfin,

$$z = \log. \left(\frac{h}{H}\right) \cdot 9407,7 \cdot (1 + 0,002837 \cos. 24) \cdot \left(1 + \frac{2(t+t')}{1000}\right) \cdot \left(1 + \frac{[\log. \left(\frac{h}{H}\right) + 0,868589] \cdot \frac{z}{a}}{\log. \left(\frac{h}{H}\right)}\right)$$

Cette formule est parfaitement la même que celle de M. Laplace. En s'en servant, on peut, comme il le remarque, mettre, dans le quatrième facteur du second membre, $a = 3266320$, et pour z , $\log. \left(\frac{h}{H}\right) \cdot 9407,7 \cdot (1 + 0,002837 \cos. 24) \cdot \left(1 + \frac{2(t+t')}{1000}\right)$; ou à très-peu près, $z = \log. \left(\frac{h}{H}\right) \cdot 10000$. En mettant ces valeurs dans le second membre de la formule, on aura :

$$\left\{ 1 + \frac{[\log(\frac{h'}{H}) + 0,868589]}{\log(\frac{h'}{H})} \right\} = 1 + \frac{[\log(\frac{h'}{H}) + 0,868589]}{\log(\frac{h'}{H})} \left\{ \frac{\log(\frac{h'}{H})}{526,6320} \right\} = 1 + \frac{[\log(\frac{h'}{H}) + 0,868589]}{526,6320}$$

$$\text{on assez exactement} = 1 + \frac{[\log(\frac{h'}{H}) + 0,868589]}{527}$$

Par conséquent, la formule de M. Laplace se change dans la suivante :

$$z = \log(\frac{h'}{H}) \cdot 9407,7 \cdot (1 + 0,002837 \cos. 2 \frac{1}{2}) \cdot \left(1 + \frac{(\varepsilon + \varepsilon')}{500} \right) \cdot \left\{ 1 + \frac{\log(\frac{h'}{H}) + 0,868589}{527} \right\}$$

D'après cette transformation de la formule, il est très-facile de la réduire en tables auxiliaires logarithmiques, qui seront toutes à simple entrée. Nous avons les quatre facteurs suivans, dont le premier sera pris dans les tables ordinaires de logarithmes, en observant que $\log(\frac{h'}{H}) = \log. h' - \log. H$.

I. $\log(\frac{h'}{H}) = \alpha.$

II. $9407,7 (1 + 0,002837 \cos. 2 \frac{1}{2}) = \beta.$

III. $1 + (\frac{\varepsilon + \varepsilon'}{500}) = \gamma.$

IV. $1 + \frac{\log(\frac{h'}{H}) + 0,868589}{527} = \delta.$

$\log. z = \log. \alpha + \log. \beta + \log. \gamma + \log. \delta.$

Jusqu'à présent nous avons pris dans la formule la hauteur corrigée du baromètre supérieur H , tandis qu'en effet on a observé h . Mais les deux hauteurs ne sont égales que lorsqu'il n'y a pas de différence dans les températures du mercure des baromètres observés aux deux stations extrêmes. Car, en nommant ces températures respectives T' et T , ou aura

$$H = h + h \cdot (\frac{T' - T}{5412}).$$

Mais en corrigeant, non comme fait M. *Ramond*, le nombre, mais le logarithme, je trouve par le calcul différentiel, $\Delta \log. h = \frac{M}{5412} \Delta (T - T')$

J'ai indiqué dans un tableau particulier (voy. page 351) cette variation du logarithme de h ; je la nommerai en attendant Δ . Ainsi, $\log. h' + \text{compl. arithm. } \log. h + \Delta = \alpha.$

Astronomie.

$\text{Log. } z = \log. \alpha + \log. \beta + \log. \gamma + \log. \delta.$

Je reviens maintenant à la construction de mes tables. Nous avons :

$$z = \log. \left(\frac{H'}{H} \right) 94074,7 \left(1 + \frac{(t+t')}{500} \right) (1 + 0,002857 \cos. 2\downarrow) \left\{ 1 + \log. \left(\frac{H'}{H} \right) + \frac{0,868589}{527} \right\}$$

Posons :

$$94074,7 \log. \left(\frac{H'}{H} \right) = \log. H' \cdot 94074,7 - \log. H \cdot 94074,7.$$

$$= \log. H' 94074,7 - \log. h \cdot 94074,7 - \Delta \log. h \cdot 94074,7.$$

$$= \log. H' 94074,7 - (\log. h \cdot 94074,7 + \Delta \log. h \cdot 94074,7) = A. \quad (I)$$

$$\frac{(t+t')}{500} \cdot A = A'. \quad (II)$$

$$0,002857 \cos. 2\downarrow (A + A') = A''. \quad (III)$$

$$\left\{ \frac{A}{94074,7} + \frac{0,868589}{527} \right\} (A + A' + A'') = A'''. \quad (IV)$$

par conséquent la différence des deux stations ou z , aussi exactement que dans la formule fondamentale, $= A + A' + A'' + A'''$ (V)

D'après la forme que j'ai donnée à la formule de M. Laplace, on la développera très-facilement à l'aide de quatre tables.

I. La *première* donne les logarithmes de Brigg multipliés par 0,94077, ou, plus commodément, par 9407,7, et, sous le titre de *correction du logarithme*, la réduction ci-dessus énoncée $\frac{M \cdot 0,94077}{5412} \cdot \Delta (T' - T) = \Delta \log. h.$

II. La *seconde* table donne la correction de la hauteur approximative A . Les deux argumens sont la somme des thermomètres $= t + t'$, et A . Elle corrige l'influence de la température des couches d'air superposées.

III. La *troisième* table indique la correction qui dépend de la latitude, le coefficient 9407,7 n'étant vrai que pour le parallèle de 45 degrés. Ses argumens sont $\downarrow$ et $A + A'$.

IV. La *quatrième* n'a d'autre argument que $A + A' + A''$, puisque dans IV on peut, sans inconvénient, changer $\frac{A}{9407,7}$ en $\frac{A + A' + A''}{10000}$, ce qui donne à cette expression la forme suivante :

$$\frac{A + A' + A''}{10000} + \frac{0,868589}{527} (A + A' + A'') = \frac{A + A' + A'' + \frac{8685,89}{5270000} (A + A' + A'')}{527}$$

Voici les quatre petites tables que j'ai dressées pour la formule de M. Laplace ; pour l'usage ordinaire, on peut les réduire à trois. Car pour une différence de hauteur égale à l'élévation du Chimborazo au-dessus du niveau de l'Océan, A'' ne fera pas plus de neuf toises, et on pourra substituer $A + A'$ à $A + A' + A''$ sans commettre une faute qui puisse excéder deux pouces ; différence que personne ne pourra trouver à l'aide du baromètre.

Ainsi, à (III) et (IV) on peut substituer :

$$\left\{ 0,002837 \cos. 2 \downarrow + \frac{A + A' + 8685,89}{5270000} \right\} (A + A')$$

et les argumens de ma troisième table seront $\downarrow$ et $(A + A')$.

Je n'ai rien changé aux deux autres tables, toutes ont été arrangées pour le thermomètre centigrade. Il sera inutile de dire qu'il faut avoir égard aux signes positifs et négatifs ; j'observe seulement que la somme de la troisième table est toujours positive, et que la correction qui dépend de la somme des thermomètres libres, est si rarement négative, que j'ai cru inutile de rendre additives dans tous les cas, par un moyen quelconque, les corrections de la hauteur approchée.

Au reste, mes tables ne vont qu'à 3000 toises, ce qui est un peu moins que la cime du Chimborazo, et n'égale pas la hauteur à laquelle s'est élevé M. Gay Lussac dans son voyage aérostatique. L'amour des sciences conduit si rarement un observateur à cette grande élévation, qu'il m'a paru inutile d'étendre davantage mon travail.

Instruction sur l'usage des Tables hypsométriques.

SOIENT (comme dans l'analyse de la construction de mes tables hypsométriques), la hauteur du baromètre, la température de l'air et celle du mercure à la station supérieure : h , t et T , et à la station inférieure : h' , t' et T' ; la latitude du lieu de l'observation $\downarrow$, la différence de hauteur des deux stations z .

A l'aide de mes tables auxiliaires, on trouvera, moyennant ces données, z , de deux différentes manières.

A. En se servant des nombres naturels.

1) Qu'on cherche dans la Table I^{re}. (pag. 337), les logarithmes correspondants à h' et h , et la variation du logarithme correspondante à $T' - T$. La dernière se trouve à côté de la table I^{re}, sous le titre de *Correction du logarithme* $T' - T$. La somme ou la différence du logarithme h et de sa correction, selon que $T' - T$ est positif ou négatif, sera soustraite du logarithme qu'on a trouvé correspondre à h' ; leur différence donne la hauteur approchée A , en regardant le dernier chiffre comme une décimale.

2) Dans la Table II, on cherchera par A , dans la colonne verticale, et par $t' + t$ dans la colonne horizontale, la correction A' qui leur correspond. Elle est positive lorsque $t' + t$ est positif, et négative dans le cas contraire; en général, A' et $t' + t$ ont le même signe.

Pour éviter les parties proportionnelles, et pour faciliter l'usage de la Table II, j'ai donné, pages 346 et 347, une table auxiliaire. On cherchera d'abord dans la Table II, par A et $t' + t$ (sans les décimales), la correction qui y répond; ensuite, dans la Table auxiliaire (pag. 346) par A et les décimales $t' + t$, la correction qui y répond. La somme des deux donnera A' . De cette manière, la Table II sera de simple entrée.

3) Avec $A \pm A'$ dans la colonne verticale, et avec $\downarrow$ dans la colonne horizontale, on cherchera dans la Table III (p. 349) la correction $A'' + A'''$ qui y répond. Elle est toujours additive. La différence des hauteurs des deux stations z est par conséquent $A \pm A' + (A'' + A''')$. Un exemple rendra la chose plus claire.

Sur le Chimborazo, sous les $10^{\circ} 45'$ de latitude, M. de Humboldt observa :

$h = 167^{\text{li}}.2$; $t = -10,6$ (centigr.) ; $T = +10^{\circ}.0$, lorsque, sur les bords de la mer, étoit

$h' = 537^{\text{li}}.79$; $t' = +25^{\circ}.3$; $T' = +25^{\circ}.3$

Ainsi, $t' + t = +25^{\circ}.7$; $T' - T = +15^{\circ}.3$; $\frac{1}{4} = 10^{\circ} 45' = 10,75$.

$h' = 537^{\text{li}}.79$ 49734 (Table I, pag. 341).

h et $T' - T$ ou $167^{\text{li}}.2$ et $+15^{\circ}.3$. . . 21116 (Table I, pag. 337).

Différence, A 2861,8. (*Différence approchée des hauteurs*)

A et $t' + t$ donne $A' = +$. . . + 155,6. (Table II, pag. 343. *Correction pour la température de l'air*).

2861,8 et 25,7

$A + A'$ et $\frac{1}{4}$ ou 2997,4 et 10,75

donne $(A'' + A''') =$. . . + 19,2. (Table III, pag. 343. *Correction pour la latitude et la diminution de la pesanteur*).

$z = A + A' + (A'' + A''') =$. . . 5016,6 toises.

La correction A' due à la température de l'air, se trouvera aussi, moyennant la Table II et la Table auxiliaire (pages 346 et 347) ; savoir :

Pag. 343, avec $t' + t$ (sans décim.) = 25° , et avec A pour 2800. . . + 128,8 toises.

pour . 62. . .	2,8
pour 2862 et 25 ^e	151,6

Pag. 347, avec 2862 et $0^{\circ}.7$ + 4,0

Correction à cause de la température de l'air. + 155,6.

B. En se servant des logarithmes auxiliaires.

1) Qu'on prenne, dans les tables ordinaires, le logarithme de h' et le complément du logarithme de h ; qu'on prenne ensuite, dans la Table I (pag. 351) la variation du log. h appartenant à $T' - T$, que cette différence soit positive ou négative ; la somme de ces trois logarithmes donnera un quatrième, que je nommerai α .

2) Qu'on prenne le logarithme de cet α ; qu'on cherche dans la Table II (p. 351) avec α le log. β , et dans la Table III (p. 351) avec $\frac{1}{4}$ le log. γ ; qu'on prenne encore dans la Table IV (p. 352 et 353) le log. γ , selon que, dans le terme $1 + \frac{(t' + t)}{4}$, $t' + t$ est positif ou négatif. La somme de ces quatre logarithmes, log. $\alpha + \log. \beta + \log. \gamma + \log. \gamma$, donnera le log. z . On trouvera, dans les tables ordinaires, le chiffre qui y appartient.

$$\text{Log } 557,79 \dots = 2,52865.$$

$$\text{Compl. log } 167,2 \dots = 7,77676.$$

$$\text{Tab. I, avec } T' - T = + 15^{\circ}, 3, \Delta \dots = 9,99878 \text{ pour la correction du baromètre supér.}$$

$$\alpha = 0,50419.$$

$$\text{Log } \alpha = 9,48514.$$

$$\text{Tab. II, p. 551, avec } \alpha \dots \text{Log } \delta = 0,00155 \text{ pour la diminution de la pesanteur.}$$

$$\text{Tab. III, p. 551, avec } \phi \dots \text{Log } \beta = 3,97471 \text{ pour la latitude.}$$

$$\text{Tab. IV, p. 555, avec } t' + t \text{ Log } \gamma = 0,02011 \text{ pour la température de l'air.}$$

$\text{Log } \alpha + \text{log } \delta + \text{log } \beta + \text{log } \gamma = 5,47951 = 5016^{\text{m}}, 55$, comme tantôt, somme équivalente à celle qu'on trouve à l'aide de la formule fondamentale de M. Laplace.

Mes tables indiquent la différence des hauteurs en toises; si l'on veut l'exprimer en mètres, on doublera le nombre des toises et on déduira du produit le chiffre qui, dans la Table auxiliaire, page 354, correspond au nombre simple des toises. Le reste sera la somme en mètres. Qu'on veuille, par exemple, changer en mètres les 3016,6 toises que nous avons trouvées, nous aurons

$$2 \times 3016^{\text{m}}, 6 \qquad 6033,2.$$

$$\text{Avec } 3016,6 \text{ en trouvera, p. 354, } 153,74.$$

$$\text{Hauteur du Chimborazo } \dots 5879,46 \text{ mètres, d'après la formule de M. Laplace.}$$

$$\text{La formule de M. Ramond donne, } 5876,70.$$

$$\text{Différence de la formule de Ramond} \qquad \qquad \qquad \text{avec celle de M. Laplace } \dots 2,76 \text{ mètres.}$$

Ces tables auxiliaires ont par conséquent sur la méthode de M. Ramond l'avantage essentiel de procurer des résultats tout aussi exacts que la formule originaire de M. Laplace; j'espère que leur usage sera aussi trouvé plus commode. Sans doute j'aurois pu raccourcir de beaucoup mes tables, si je n'aurois voulu éviter toute erreur un peu considérable. Il se présentera peut-être pour moi une occasion de faire connoître un second essai de Tables hypsométriques, si, auparavant, le travail imparfait que je sou mets aux lecteurs n'est pas perfectionné par d'autres géomètres.

Multum egerunt qui ante nos fuerunt; multum adhuc restat operis, multumque restabit; nec ulli nato post mille sæcula praecludetur occasio adhuc aliquid adjiciendi.

SENECA, Ep. LXIV.

Sur les mesures de hauteurs faites à l'aide du baromètre pendant le cours du voyage aux régions équinoxiales du Nouveau Continent, par A. DE HUMBOLDT.

J'ai réuni dans un seul tableau les mesures barométriques que j'ai faites conjointement avec M. Bonpland, pendant l'espace de cinq ans dans l'intérieur de l'Amérique, depuis les 12° de latitude australe jusqu'aux 21° de latitude boréale, et depuis les 76° jusqu'aux 104° de longitude occidentale du méridien de Paris. Je crois pouvoir me flatter que ce tableau sera de quelque intérêt pour la géographie physique de notre globe. Les deux hémisphères ne présentent pas d'étendue de terrain également considérable sur laquelle on ait déterminé un aussi grand nombre de hauteurs. Presque toutes les mesures ont été faites avec le même instrument. Elles ont été calculées d'une manière uniforme, d'après la formule de M. Laplace, en y introduisant le nouveau coefficient de M. Ramond.

Occupé de recherches botaniques et minéralogiques, je n'ai pas eu le loisir de faire des courses lointaines simplement dans le but de porter le baromètre sur des cimes remarquables par leur élévation; je n'ai pu faire que les mesures qui se lioient, pour ainsi dire, immédiatement à l'objet principal de mon travail. Le nombre de points que j'ai mesurés et qui sont réunis dans le tableau précédent, s'élève à 453. On n'a pas ajouté les hauteurs observées simplement pour déterminer la limite supérieure ou inférieure de certains végétaux. Ces dernières hauteurs ont déjà été employées en partie pour dresser la carte jointe à mon ouvrage sur la *Géographie des Végétaux*. D'autres se trouvent indiquées dans la description de nos *Plantes équinoxiales*, et dans la *Monographie des Melastomes et des Rhexia*, publiée par M. Bonpland. En ajoutant aux résultats que j'offre en ce moment aux physiciens, quelques mesures faites par la Condamine et Bouguer, celles de M. Caldas, et le peu de hauteurs que l'on connoît sur le territoire des États-Unis, on trouvera que le Nouveau Continent présente à-peu-près cinq cents points dont l'élévation au-dessus du niveau de la mer a été déterminée barométriquement. Je doute que dans toute l'Asie on en connoisse plus d'une cinquantaine, et cependant les nations les plus civilisées de l'Europe y ont eu des colonies

depuis trois siècles! Qu'il seroit important de fixer enfin la hauteur absolue de l'intérieur de la Perse et du Thibet!

Du grand nombre d'instrumens astronomiques et de physique que j'ai eus avec moi pendant le cours de mon expédition, aucun n'a exigé plus de soin et ne m'a causé plus de peine, je dirois presque plus de chagrin, que le transport du baromètre. Comme il vaut mieux ne pas observer du tout que de faire de mauvaises observations, on doit moins craindre de briser le baromètre que de le voir dérangé. Les naturalistes qui ont fait des observations dans les montagnes d'Europe, dans les Pyrénées et les Alpes, dans les pays civilisés, où l'on trouve des guides et souvent des guides intelligens, se plaignent cependant des difficultés qu'ils ont eu à vaincre pour conserver leurs instrumens pendant un voyage de trois à quatre mois. De combien ces difficultés n'augmentent-elles pas au milieu de la Cordillère des Andes, lorsqu'on gravit des pentes extrêmement inclinées, et qu'on marche sur un sol argileux et constamment humide, où le pied glisse à chaque instant! Un savant voyageur qui, dans ce moment, parcourt l'Afrique, M. Seetzen, a cru qu'il étoit absolument impossible de porter avec soi, dans une longue expédition, un baromètre exact. Il n'a pas même voulu en courir la chance.

Un baromètre destiné à une expédition hors de l'Europe doit être construit de manière à pouvoir être facilement raccommoqué par l'observateur même, si celui-ci est muni de mercure et de tubes. Cette condition indispensable, à laquelle réfléchissent très-peu les artistes d'Europe et ceux qui travaillent dans leur cabinet, suppose une grande simplicité de construction. Dans les courses que j'avois faites dans les montagnes d'Europe, depuis 1790 jusqu'en 1797, j'appris, par le grand nombre de baromètres brisés entre mes mains, que ni ceux à syphons garnis de robinets, ni les fameux baromètres de *Hurter*, n'étoient propres à être emportés dans une expédition destinée pour les forêts de l'Orénoque ou pour les Cordillères du Pérou. Je donnai la préférence aux baromètres portatifs de Ramsden, qui sont munis de cuvettes à niveau constant, qui se transportent retournés dans une position à-peu-près verticale, et dans lesquels le tube se brise d'autant plus difficilement, qu'il joue avec liberté dans une rainure de bois. J'ai emporté le même baromètre de Ramsden, sans changer de tube, depuis Salzbouurg, par Paris, Marseille, Perpignan, le Mont-Serrat, Madrid, Cumana

* Journal astronomique de M. de Zech, 1809, pag. 231.

et Caraccas, jusque vers les sources de l'Orénoque, sous les trois degrés de latitude. En revenant du Rio Negro par le Cassiquiare, les pluies équatoriales étoient si abondantes, que, dans un canot étroit, il m'étoit impossible de préserver l'instrument du contact de l'eau. Le tube fut brisé à la mission de l'Esperalde, par la torsion hygrométrique du bois.

Lors de mon départ de Paris, M. Bouvard a bien voulu comparer mes instrumens avec ceux de l'Observatoire. Mes baromètres de Ramsden (j'en emportai deux) indiquoient un peu moins de deux dixièmes de ligne. Leur échelle étant placée de manière que l'image des divisions se réfléchit dans le tube, on est sûr de ne pas faire de parallaxe, en abaissant ou en élevant l'œil jusqu'à ce que la ligne qui passe par le sommet de la convexité du mercure ne paroisse plus brisée. Comme l'échelle ne s'étendoit pas jusqu'à 14 pouces, j'ai été obligé, au Chimborazo, de mesurer avec un compas que j'avois porté tout exprès avec moi, la partie dont le mercure étoit plus abaissé que l'extrémité de l'échelle. La vérification du niveau constant, dont l'ouverture est le point zéro de l'échelle, suppose que l'instrument est dans une position exactement perpendiculaire, lorsqu'on fait l'observation de la hauteur barométrique. En montant sur une cime élevée, il faut ramasser le mercure qui découle; il faut en ajouter, lorsqu'on descend dans la vallée. Cette opération est très-délicate pour un voyageur qui observe, exposé à l'intempérie de l'air, sur des sommets couverts de neige, au bord d'un cratère ou au milieu de ces formidables averses qui sont si communes dans les forêts de l'Amérique équinoxiale. Quoique j'aie éprouvé de nouveau, dans un voyage fait, en 1805, avec M. Gay-Lussac, en Italie, en Suisse et en Allemagne, combien le baromètre de Ramsden est commode dans le transport, je n'hésiterai pas, dans la nouvelle expédition que je prépare, de donner la préférence au baromètre portatif de M. Fortin. Cet excellent artiste a le mérite d'avoir mis entre les mains des physiciens un instrument qui est simple dans sa construction, assez facile à raccommoder au cas qu'il se déränge, et qui réunit à ces avantages une précision extrême. C'est faire le plus bel éloge de l'instrument de M. Fortin, que d'ajouter qu'il a été employé par M. Ramond dans le grand travail qu'il a entrepris sur le perfectionnement des mesures barométriques.

* Le baromètre de M. Fortin, dont l'échelle indique avec certitude moins de deux centièmes d'un millimètre de la hauteur de la colonne de mercure, et dans lequel le niveau se rectifie par un artifice catoptrique, est gravé dans les programmes d'un *Cours de Physique* de M. Hachette, pl. 1, fig. 1 — 7.

J'ai employé beaucoup de soin pour donner une grande précision aux mesures que j'ai faites, à l'aide du baromètre, depuis le mois de juillet 1801 jusqu'au mois de janvier 1804, au Mexique, dans les royaumes de la Nouvelle-Grenade, à Quito et au Pérou, où nous avons traversé quatre fois la chaîne centrale des Andes^{*}. Pendant cette époque les mesures les plus intéressantes ont été répétées à différentes reprises, on est retourné aux endroits qui paroissent douteux; on s'est servi de temps en temps d'un appareil dans lequel on fait l'expérience primitive de Torricelli, en appliquant successivement trois ou quatre tubes remplis de mercure et purgés d'air à une échelle mobile et en prenant le terme moyen des hauteurs observées^{*}. Je ne puis assez recommander cette dernière méthode aux voyageurs qui se trouveroient dans une position semblables à la mienne. Il est très-facile de porter avec soi, 1°. une verge de métal, ou d'un bois très-dur qui n'a pas même besoin d'avoir des divisions; 2°. du mercure très-pur; 3°. un creuset de grès, et 4°. des tubes vides. Au moyen de cet appareil, dans les positions les plus pénibles, un physicien qui auroit brisé son baromètre de manière à ne pas pouvoir le réparer, trouvera avec une exactitude suffisante, l'élévation du sol d'Ispahan, de Lassa, de Kasehmir partout où il pourra s'arrêter. Lorsqu'on est sûr de ne pas pouvoir remplacer les tubes, il est peut-être prudent de ne pas faire bouillir le mercure dans ces tubes mêmes. Il suffit de chauffer ces derniers, d'y verser le mercure qu'on a fait bouillir dans le creuset, et de faire monter et descendre une bulle d'air dans le tube que l'on vient de remplir. L'expérience faite, on vide les tubes et on les bouche soigneusement. On construit pour ainsi dire un baromètre chaque fois que l'on en a besoin; c'est ainsi que j'ai trouvé dans des expériences faites conjointement avec M. Lindner, professeur de chimie, la hauteur de la colonne de mercure à Mexico, dans six tubes de

259, 7 lignes.

259, 5

259, 9

259, 9

260, 0

259, 9

Les deux derniers tubes avoient été purgés d'air par le feu, par M. Bellardoni,

* Voy. plus haut, pag. 316.

* C'est une bonté de célèbre Mutis, à Santa Fe, que j'ai été redevable de cet appareil, dont il étoit

ingénieur d'instruments à Mexico, les quatre autres avoient été simplement chaulfés et remplis de mercure récemment bouilli. Rien n'est plus facile à transporter que des tubes vides, et comme l'exactitude de l'expérience dépend en partie de la propreté intérieure des tubes, il est utile de les fermer au deux bouts à la lampe et de ne les ouvrir qu'au moment même où on les chauffe. Voyageant dans des pays où en m'éloignant des côtes de l'Amérique méridionale, je ne trouvai de baromètres qu'à Santa Fe, à Popayan, à Quito, et à Lima, il m'étoit agréable de pouvoir monter de temps en temps l'appareil à plusieurs tubes, pour confirmer les résultats donnés par le baromètre dont je me servois pendant la route. C'est ainsi qu'un navigateur, quelque confiance qu'il ait dans la marche de son horloge, est bien aise de pouvoir comparer une longitude chronométrique à un résultat déduit de plusieurs distances de la lune au soleil et aux étoiles.

Je regarde comme moins bonnes mes observations barométriques faites sur les côtes de Cumana et de Caraccas. Le niveau n'a pas toujours pu être vérifié avec assez de soin. Je crois que les hauteurs absolues de la ville de Caraccas, de la cime de la Silla et du couvent de Caripe sont plus grandes, qu'elles résultent de mes observations. Je me suis imposé la loi d'indiquer partout avec franchise les causes qui ont pu m'induire en erreur. Il est utile de savoir, quand il s'agit de mesure exacte, de quel côté se trouve l'excès. Ainsi j'ai distingué dans mon tableau par un type particulier les premiers 74 points qui me paroissent mériter moins de confiance que les autres, quoiqu'ils puissent fournir des matériaux suffisamment exacts pour servir de fondement au dessin de profils géologiques. Dans les observations astronomiques, dans le pgeassa d'une étoile par le méridien, dans une série de distances lunaires, les nombres mêmes sont voir si les observations sont bonnes, si elles sont médiocres ou mauvaises. Le lecteur est mis en état de juger lui-même de la valeur du résultat. Au contraire, une hauteur barométrique tirée du journal d'un voyageur est isolée, comme le seroit l'observation d'une seule émergence d'un satellite de Jupiter, faite dans un lieu où jamais instrument astronomique n'a été porté. Rien ne peut faire connoître le degré de probabilité qu'on doit accorder aux résultats obtenus.

Le grand nombre d'observations que j'ai faites, conjointement avec M. Bon-

servi dans ses excursions botaniques. Il sera utile de rappeler ici que j'ai décrit, il y a dix ans, dans le Journal de Physique, un baromètre à plusieurs tubes, dont l'un peut être substitué à l'autre, en cas d'un accident, sur le sommet d'une montagne même.

pland, sur les variations horaires du baromètre, depuis le niveau de l'Océan jusqu'à la hauteur de plus de 4000 mètres, m'ont mis en état d'éviter la petite erreur d'un ou de deux millimètres, à laquelle, sans la connoissance de ce phénomène, on seroit exposé en comparant les hauteurs barométriques observées avec la hauteur de la colonne de mercure au niveau de la mer. Cette correction, à ce que je sais, n'a point encore été employée; il est certain cependant qu'à de très-petites différences près, on peut, au moyen d'une courbe dont la marche est très-régulière, fixer, sous les tropiques, par une seule bonne observation faite à une heure quelconque de la nuit ou du jour, la hauteur que doit montrer le baromètre à toute autre heure. Ce phénomène curieux des variations horaires du baromètre n'est pas restreint à l'étendue des mers, comme l'a récemment prétendu M. Horsburgh¹. Je l'ai observé dans l'intérieur des terres, à plus de quatre cents lieues des côtes; il se manifeste partout également, que la colonne de mercure ait 760 ou 460 millimètres d'élévation. On l'a déjà observé à Surinam en 1722, et il avoit fixé la curiosité des physiciens de Hollande, plus de vingt ans avant que Godin crût le découvrir le premier pendant son séjour à Quito².

En parlant, dans mon *Essai sur la géographie des plantes*³, des variations horaires, j'avois énoncé l'espoir « que par des termes moyens déduits de plusieurs milliers d'observations faites d'heure en heure en Europe, on décou- » vriroit un jour, que, même dans nos latitudes boréales, le baromètre monte » et descend à des époques déterminées ». Cette découverte vient d'être faite par M. Ramond⁴; ce physicien célèbre a trouvé par une série de 3300 observations que la *variation horaire moyenne* est à Clermont, à 400 mètres au-dessus du niveau de l'Océan, de près d'un millimètre; je l'ai trouvée de plus de deux millimètres et demi, sur les côtes de l'Océan équinoxial.

J'ai cru rendre intéressant le tableau de mon nivellement barométrique, en ajoutant à l'indication des hauteurs les résultats d'un grand nombre de mes observations astronomiques, géologiques et physiques. On y trouvera la longitude et la latitude des lieux dans lesquels j'ai pu me livrer aux travaux astronomiques, la température moyenne de l'air, celle des sources ou de

¹ *Journal de Nicholson*, XIII, n°. 17.

² Voyez mes notes météorologiques jointes à la traduction de la *Chimie de Thomson*, tome I, page 95.

³ *Tableau physique des régions équinoxiales*, page 94.

⁴ Mémoire sur le nivellement des plaines à l'aide du baromètre, lu dans la séance publique de l'Institut, le 2 janvier 1809.

l'Océan, la nature des roches, leur superposition mutuelle et quelquefois l'inclinaison de leurs couches, le tout développé sur une étendue de terrain de plus de trois mille lieues. Tel est le perfectionnement des méthodes et des instrumens actuels, qu'un voyageur actif muni de tous les moyens que fournit l'Europe civilisée, peut, dans un court espace de temps, déterminer un grand nombre de phénomènes intéressans et susceptibles d'être exprimés en nombres. J'aurois voulu essayer de réunir ces résultats dans un tableau *synoptique*, en indiquant, outre le nom des roches dont est composé le sol, celui des plantes et des animaux qui déterminent, pour ainsi dire, la physionomie du pays. Mais pour construire ces tables dont les résultats généraux sont contenus dans mon grand tableau des régions équinoxiales, gravé en 1807, j'aurois dû réunir, dans un seul ouvrage, ce que l'on a préféré de publier séparément pour l'intérêt des savans qui ne s'occupent que d'une branche isolée des sciences naturelles. Voici cependant l'esquisse d'une table synoptique qui résulte de mes propres observations :

LIEUX des OBSERVATIONS.	date d'après	LATITUDE	longitude occidentale.	éléva- tion absolue.	élévation magné- tique Est.	variation magné- tique. Nord.	hauteur du point au niveau de la mer ou à l'équateur. On l'aura en toises, de toises.	NATURE DES SOCHES et végétaux.
CHELSEA, (province de la Nouvelle-Andalous- ie)	Août 1779.	10° 27' 40" N.	66° 30' 0"	6"	1° 13' 45"	40, 27, 5	23°	Grès à ciment calcaire. <i>Artemisia. Arctostaphylos.</i> <i>Alliaria incarnata.</i>
ARTEM, (colonie de l'Orégon)	Avril 1800.	5° 38' 34" N.	70° 19' 51"	1700. (don.)	pas obser- vée.	32, 27, 5	21, 2	Granite. Schiste micacé <i>Dryopteris obscura.</i>
SANTA FE DE BOGOTÁ	Août 1801.	4° 35' 48" N.	76° 32' 58"	1064 m.	5° 35' 0"	27, 27, 5	22, 6	Pierre calcaire qui se pulvérisse au grès. <i>Bry-</i> <i>opsis juniperina.</i>
QUITO, (Nouvelle-Gre- nade)	Février 1802.	0° 14' 0" S.	81° 2' 30"	1908 m.	3° 24' 0"	14, 28, 5	21, 8	Latex Éthiopien. Pierre pauvre. <i>Epimedium</i> <i>Nyctandria repens.</i>
ATACAMA, (Pérou)	Août 1803.	4° 37' 48" S.	82° 2' 0"	1745 m.	pas obser- vée.	3, 28, 5	21, 3	Porphyre à base de sapp. <i>Budleya panic.</i>
TOBACPO, (rivière des Amazones)	Août 1803.	5° 31' 28" S.	80° 57' 30"	603 m.	pas obser- vée.	3, 28, 5	21, 3	Pierre calcaire alpine. <i>Boegivilla per-</i> <i>uvata. Laurus kofa.</i>
MEXICO	Décem- bre 1803.	19° 25' 48" N.	101° 25' 30"	2774 m.	8° 8' 0"	16, 28, 5	24, 0	Amphibolite poreuse. <i>Piqueria tria. Fucus</i> <i>Leporella rui.</i>
GUANACASTO, (Nou- velle-Espagne)	Août 1803.	11° 0' 12" N.	103° 12' 0"	1084 m.	8° 48' 12"	16, 27, 5	23, 4	Schiste primitif, couvert de porphyre. <i>Quercus</i> <i>ferrea Bomp.</i>

La géographie physique du globe reposera sur des bases solides, lorsque, par les soins des voyageurs, tous les climats offriront un grand nombre de points dans lesquels on aura observé avec précision les phénomènes réunis dans notre esquisse d'un tableau synoptique. De longues navigations, des voyages autour du monde, ne sont pas faits pour parvenir à ce but important. Ces expéditions sont intéressantes pour les progrès de l'astronomie nautique; elles jettent du jour sur la géographie des côtes; elles pourroient même fournir des résultats précieux pour la physique, si plusieurs bâtimens, munis d'excellens instrumens, parcouroient l'équateur magnétique et les lignes sans déclinaison, pour fixer à la même époque l'inclinaison, la déclinaison et l'intensité des forces magnétiques; mais pour faire faire à-la-fois de grands pas à la géologie, à la géographie physique et à toutes les branches de l'histoire naturelle descriptive, un gouvernement qui voudroit marquer un véritable intérêt pour l'avancement des connoissances humaines, devroit encourager des voyages dans l'intérieur des continens.

Les résultats que présente le nivellement barométrique des régions équinoxiales forment les bases des projections verticales ou des profils dont une partie a déjà été publiée dans mon atlas mexicain. On n'avoit pas tenté jusqu'ici de représenter, par des coupes, de grandes étendues de terrain, comme on figure l'intérieur d'une mine ou le tracé d'une canal. Il seroit à désirer que l'on publiât, d'après cette même méthode, les profils de la chaîne des Alpes, par exemple, les chemins qui mènent de Munich par le Brenner à Vérone, ou de Stuttgart par le S.-Gothard et la Bochetta à Gènes, ou enfin de Lyon à Turin. J'avois dessiné, en 1801, une coupe de la rivière de la Magdeleine, depuis Santa Fe de Bogota jusqu'à Carthagène des Indes. Ce dessin, défiguré par des copistes, a été gravé à Madrid, sans mon aven et avant mon retour en Europe. La ville de Honda y est placée à une élévation beaucoup trop considérable. L'indication des roches et celles des latitudes et des longitudes y sont d'ailleurs assez justes.

La même ville et le même village présentant souvent, surtout dans la Cordillère des Andes, des différences de niveau de deux cents mètres, j'ai indiqué exactement les lieux dans lesquels les mesures ont été prises. Si les hauteurs se trouvent exprimées en fractions de mètre, ce n'est certainement pas pour prétendre à une précision, qui est bien au-delà des limites de l'erreur de l'instrument employé. M. Oltmanns n'a pas voulu retrancher les fractions, pour conserver la correspondance des mètres et des toises, et pour ne pas

altérer les résultats d'un calcul exact. Ce jenne savant infatigable a malheureusement construit ses tables hypsométriques après avoir terminé le calcul de tout le nivellement du Nouveau Continent. Au moyen de ces tables, il parvient à calculer, d'après la formule de M. Laplace, qui exigeoient primitivement douze logarithmes, trente hauteurs dans l'espace d'une heure.

Il n'y a pas très-long-temps que l'on n'auroit pas osé agiter la question si une mesure faite au moyen du baromètre peut atteindre l'exactitude des opérations trigonométriques. Dans l'état actuel de nos connoissances, il est difficile de décider à laquelle des deux méthodes on doit accorder la préférence, si les observations ont été faites sous des circonstances favorables, et en remplissant les conditions que la théorie et une longue expérience ont prescrites. Le géomètre redoute le jeu des réfractions terrestres; le physicien doit craindre la distribution inégale de la chaleur dans la colonne d'air aux extrémités de laquelle se trouvent les deux baromètres. Il est plus que probable que près de la surface de la terre, le décroissement du calorique* est plus lent qu'à de plus grandes élévations; et pour connoître exactement la densité moyenne de toute la colonne d'air, il faudroit, en s'élevant dans un ballon, pouvoir examiner la température de chaque couche.

Des physiciens célèbres ont avancé que le coefficient déduit des observations précises de M. Ramond n'appartient qu'à un climat analogue à celui des Pyrénées, et qu'un coefficient barométrique doit être fonction de la latitude du lieu. Sans doute la valeur de ce coefficient, les réfractions et le décroissement du calorique dans les couches de l'atmosphère sont trois objets intimement liés entre eux. Mais le mélange chimique de l'air étant partout le même et la vapeur aqueuse, comme l'a prouvé l'auteur de la Mécanique céleste, n'influant que peu sensiblement sur les trois objets indiqués, on ne conçoit pas pourquoi les modifications de l'atmosphère ne seroient pas les mêmes sous toutes les zones. D'ailleurs, existe-t-il un nombre suffisant de bonnes observations astronomiques qui prouvent que les réfractions appartenant à des angles de hauteur moindres de dix degrés, sont différentes en été et en hiver, dans des climats très-éloignés les uns des autres, lorsque les observations ont été corrigées par la température et la hauteur barométrique? Le décroissement du calorique ne paroît fonction de la latitude, qu'autant qu'il dépend de la température normale des plaines, et le décroissement

* Voyez plus haut dans mon *Mémoire sur les réfractions*, pag. 138.

moyen qui appartient à la latitude de Paris ne diffère de celui observé dans les régions équinoxiales, que parce que les températures moyennes des lieux diffèrent de quatorze degrés centigrades.

Dans le calcul de mes mesures barométriques on a supposé la hauteur moyenne de la colonne de mercure au niveau de l'Océan équinoxial, de 0^m,762 ou 337^m,8 à la température de 25^o,3. (*Géographie des plantes*, p. 29.) On conçoit, comme je l'ai indiqué plus haut, que sous l'équateur une source constante de chaleur et d'humidité produit une diminution sensible dans la hauteur moyenne du baromètre, l'air dilatée dans des colonnes plus élevées refluant sans cesse sur les colonnes voisines, et pesant moins à cause de son mouvement ascensionnel.

Le baromètre devient indispensable au voyageur qui détermine l'élévation des montagnes par des moyens trigonométriques. Sans cet instrument nous ne connoîtrions que la hauteur absolue d'un très-petit nombre de montagnes situées près des côtes de la mer. Dans la Cordillère des Andes, on est obligé de mesurer des bases à des élévations de deux ou de trois mille mètres ; toutes les opérations y sont trigonométriques et barométriques à-la-fois. La masse de ces cimes colossales est tellement énorme, qu'elles se présenteroient sous des angles de hauteur extrêmement petits, si l'on vouloit les mesurer au-dessus de plaines moins élevées. Il ne reste à l'observateur que le choix entre la crainte d'augmenter l'erreur des réfractions, et l'avantage de diminuer la partie de la hauteur absolue qui doit être déterminée au moyen du baromètre. Je ne puis d'ailleurs assez recommander aux voyageurs la méthode de lever la carte du pays qu'ils parcourent, au moyen de bases verticales et d'angles de hauteurs. J'ai tenté de faire par cette méthode la jonction de la capitale de Mexico avec le port de Veraerux, sur une distance de plus de 300,000 mètres. La différence de longitude obtenue par les azimuths et les angles hypsométriques, ne différoit de celle que M. Oltmanns a déduite de mes observations purement astronomiques, que de six secondes en temps^a. M. Puisant a traité de cette application peu usitée du baromètre à la triangulation d'un pays de montagnes, dans son excellent ouvrage sur la Géodésie, liv. III, §. 113^b. Le capitaine Phipps s'est servi d'une méthode analogue pour me-

^a *Journal astronomique de Zach*, tom. XIV, pag. 443. *Essai politique sur le royaume de la Nouvelle-Espagne*, pag. 14.

^b Voyez aussi le Mémoire de M. Ramond, sur la mesure des hauteurs à l'aide du baromètre, 1803, page 14.

sur des bases sur mer en prenant, à la vue d'une côte inaccessible, l'angle de hauteur des mats d'un bâtiment mouillé.

Des mesures barométriques faites dans un voyage rapide sur la pente de la Cordillère des Andes, et dans l'intérieur du Mexique, peuvent offrir quelque intérêt au géographe, au physicien et surtout au géologue; mais elles ne sont pas propres à vérifier la bonté des formules ou la précision des coefficients déterminés avec un très-grand soin, au milieu de l'Europe civilisée et avec des instrumens d'une exécution parfaite. Pour entreprendre cette vérification, il faudroit être sûr de l'exactitude des mesures trigonométriques et barométriques, dont on compare les résultats. On trouvera cependant dans le tableau de mes observations quelques rapprochemens curieux : à Moran le nivellement direct donnoit 109 mètres; le coefficient de M. Ramond 113^m, 2. Dans la mine de Valenciana, la plus profonde que l'on connoisse, la différence n'étoit que de 3 mètres sur 514. On doit même s'étonner de cet accord dans des mesures de hauteurs si peu considérables. D'ailleurs, les mines en général, et surtout celles de l'Amérique, dont un très-petit nombre est mesuré géométriquement avec précision, ne sont guère propres à essayer l'exactitude des formules. Les courans verticaux et la distribution inégale de la chaleur y causent des anomalies dont les effets sont très-bien développés dans le Mémoire de M. Ramond. Il sera utile d'observer aussi que les différences que l'on trouvera entre quelques hauteurs publiées par ce savant distingué, et celles que contient mon nivellement, proviennent de ce qu'en consultant mes journaux, je me suis arrêté aux termes moyens d'un grand nombre d'observations barométriques et thermométriques.

Lorsqu'Ulloa descendit dans les mines de Guanaxuato, il déduisit d'une mesure barométrique, que la mine de Valenciana avoit une profondeur de 1000 varas (838 mètres). L'inspecteur de la mine assura, et avec raison, que cette évaluation étoit du double trop forte; le géomètre prétendit, de son côté, que son calcul barométrique ne laissoit pas de doute. Il est probable que le baromètre du savant voyageur s'étoit dérangé; peut-être une bulle d'air interceptoit-elle la colonne du mercure à l'extrémité inférieure du tube. On conçoit aisément que, depuis cette époque, les baromètres ne jouissent pas d'un grand crédit auprès des mineurs du Mexique. Car, sous toutes les zones, le peuple et ceux qui lui ressemblent par leur manque d'instruction, voyent avec plaisir que les géomètres se trompent dans leurs mesures, et que les machines ne produisent pas l'effet qui a été annoncé par un calcul analytique.

Sur la hauteur absolue de plusieurs lieux du continent,

par J. OLTMANS.

M. DE HUMBOLDT, pendant le cours de son expédition, a déterminé, à l'aide du baromètre, la hauteur absolue de 453 points de l'Amérique espagnole. Il m'a paru intéressant de réunir dans cet ouvrage toutes les connoissances que nous avons acquises des inégalités du sol du nouveau continent. Par conséquent, après avoir terminé le calcul du nivellement de M. de Humboldt, j'ai entrepris de calculer, d'après la formule de M. Laplace, les hauteurs barométriques que l'on trouve éparses dans les ouvrages de Bouguer, La Condamine, Don Jorge Juan, Ulloa et Chappe. J'y ai ajouté seize points mesurés par M. Caldas, et indiqués dans un manuscrit que ce jeune savant américain avoit communiqué à M. de Humboldt pendant son séjour à Quito. Les observateurs n'ayant pas marqué la température de l'air au moment de leurs mesures barométriques, il m'a fallu suppléer à ce manque par des suppositions fondées sur de simples analogies. J'ai indiqué quel changement produiroit dans les résultats l'erreur d'un degré dans la température supposée. Les hauteurs n.° 32 — 45 sont tirées des *Transactions américaines* (vol. 4, p. 216). Il m'a été impossible de vérifier les calculs de M. Williams. J'ai terminé le tableau suivant par une comparaison de plusieurs mesures trigonométriques et barométriques des académiciens françois : cette comparaison, curieuse en elle-même, ne sauroit cependant servir à vérifier l'exactitude des formules et des coefficients, les températures n'ayant été déterminées que par simple approximation, et une erreur de quatre degrés dans les thermomètres observés à Caraburu et à Sinasaguan diminuant déjà la hauteur de vingt-cinq toises. Je discuterai dans un autre endroit les petites modifications que l'on peut appliquer aux nombres qui expriment l'élévation des signaux au-dessus de Caraburu, et qui dépendent surtout d'une évaluation rigoureuse des réfractions. Les académiciens envoyés à Quito pour y mesurer le degré du méridien, ont rapporté toutes les hauteurs des montagnes, qu'ils ont déterminées, au signal de Caraburu, et ce dernier signal est élevé au-dessus du niveau de l'Océan, d'après Bouguer, de 1214 toises; d'après Don Jorge Juan, selon deux formules barométriques, de 1155 et de 1283 toises; d'après La Condamine, de 1226 toises; et d'après Ulloa, de 1268 toises. D'après l'incertitude qui règne sur le point du départ, il ne faut pas s'étonner des doutes que l'on a élevés sur la hauteur absolue des cimes colossales des Andes.

	LIEUX DES OBSERVATIONS	HAUTEURS barométriques observées, au niveau.	TEMPÉRATURE supposée au niveau corrigé.	HAUTEUR altitudes en mètres.	DIFFÉRENCE correspondant à l'augmentation d'un degré dans la température supposée.	REMARQUES.
I. OBSERVATIONS DE M. CALLOS.						
R. DE LA NOUVELLE GRENADE.						
1	La Mesa.....	390,0	22,0	663,8	9,1	Ces hauteurs ap- partiennent presque toutes à la province de Popayan.
2	Porillo.....	314,0	22,5	327,8	1,3	
3	Pital.....	302,0	22,5	502,0	1,7	
4	La Esne (montagne).....	271,35	20,5	979,1	2,6	
5	Pobbsco.....	258,8	19,5	1188,0	2,0	
6	Bonarieta (montagne).....	253,15	18,5	1283,7	2,2	
7	Paipamba.....	249,1	17,5	1350,3	2,4	
8	Estiriles (montagne).....	247,0	17,5	1380,9	2,5	
9	Tambora.....	217,0	16,5	1717,2	4,1	
10	Cosmas de Sombieros.....	214,05	17,0	1690,0	4,0	
11	Las Juntas.....	261,0	19,0	1148,7	2,0	Don Jope Juan, Don Antonio de Ul- las, Bouguer et La Condaminac.
12	Cocomb.....	205,0	5,0	2151,3	5,0	
13	Llano Largo.....	300,0	22,5	532,1	1,7	
14	La Hermandad.....	311,85	23,5	359,0	1,4	
15	Venta-Quemada.....	275,5	20,5	910,6	2,5	
16	Quichá.....	247,5	17,5	1281,4	2,5	
II. OBSERVATIONS DES ACADEMI- CIENS FRANÇAIS ET ESPAG- NOLS, FAITES EN 1735- 1746.						
ROYAUME DE QUITO.						
17	Carabara.....	255,27	19,0	1248,2	3,2	Don Jope Juan, Don Antonio de Ul- las, Bouguer et La Condaminac.
18	Oyumbato.....	247,75	19,5	1283,7	2,5	
19	Pambamarca.....	207,33	5,0	2212,7	4,0	
20	Tuclagua.....	225,75	10,5	2263,3	4,2	
21	Hacienda de Tuclagua.....	251,17	18,5	1318,9	2,3	
22	Chumy.....	214,0	7,5	1985,0	4,7	
23	Pasagayacu.....	197,33	0,5	2204,4	5,3	
24	Ceraton.....	201,41	4,5	2236,0	5,2	
25	Sinamanga.....	194,75	4,0	2270,9	5,4	
26	Cañar.....	232,00	14,0	1637,3	4,0	Don Jope Juan et Don Ant. de Ul- las.
27	Village de Yacqui.....	248,83	19,5	1263,4	2,4	
28	Tuclagua.....	200,09	07,5	2300,8	1,7	
29	Guamat Cruz.....	265,17	19,5	1072,3	2,0	

	LIEUX DES OBSERVATIONS.	HAUTEUR absolue ou relative.	REMARQUE.	
III. AMÉRIQUE SEPTENTRIONALE				
A) COLONIES ESPAGNOLES.				
30	Cerro del Ancón, près de Panama.....	91,4	Don Jorge Juan et Ulloa, Chappe.	
31	Bacaventura, entre Mexico et Vera-Cruz.....	1347,1		
B) ÉTATS-UNIS.				
Observations de M. Jonathan Williams, faites en 1791.				
32	Blue Ridge, cime la plus élevée des montagnes de Rockfish Gap.	344,5	Le nivellement de M. Williams embrasse trois chaînes de montagnes : la Blue-Ridge (n.º 32 — 35) ; la Warm Spring-mountain (n.º 37 — 42) ; et les Allegheney-Mountains (n.º 43 — 46).	
33	Rockfish Gap.....	619,5		
34	Samater.....	304,5		
35	Pied de Blue-Ridge, dans la chaîne occidentale.....	174,5		
36	Dans la forêt.....	51,8		
37	Cime de la première chaîne de Jackson's, ou Warm Spring mountain.....	336,5		
38	Cime du second Warm Spring mountain.....	391,7		
39	As niveau du Warm Spring.....	303,0		
40	As pied du Warm Spring mountain.....	187,3		
41	Cime la plus élevée des Allegheney.....	471,0		
42	Allegheney mountains, dans la grande route.....	358,4		
43	La Red Spring.....	276,4	Edwards.	
44	Brown.....	183,3		
C) ANTILLES.				
45	Cime des montagnes bleues de la Jamaïque.....	1138,0		
LIEUX DES OBSERVATIONS.		MÈTRES trigonométriques	MÈTRES barométriques.	DIFFÉRENCES.
IV. COMPARAISON				
DES MÉTHODES TRIGONOMÉTRIQUES ET BAROMÉTRIQUES DES ACADEMIE.				
	Signal de Pombamarca.....	861,5	864,5	— 3,0
	Taliqua.....	51,8	51,5	— 0,3
	Ojambato.....	106	135,5	+ 29,5
	Cotton.....	985	995,8	+ 10,8
	Pongulcan.....	1036	1056,2	+ 20,2
	Chasey.....	797	737,0	+ 60,7
	Sinsigum.....	1106	1121,7	+ 15,7
	Ancón de Panama (cette dernière cime est comptée au-dessus de niveau de la mer).....	101,5	99,4	— 2,1

FIN DU PREMIER VOLUME.

CONTENTS

INTRODUCTION DE M. DE HUMBOLDT, p. 1.

1. Détermination de la latitude, p. 1.

2. Détermination de la longitude, p. 23.

5. Détermination de la hauteur des lieux au-dessus du niveau de l'Océan, p. 138.

Table alphabétique des endroits dont la position géographique a été déterminée dans cet ouvrage, p. 33.

Table des astronomes et voyageurs dont les observations ont été discutées, p. 50.

Table supplémentaire sur tout ce qui a rapport aux méthodes astronomiques et à la physique générale, p. 52.

LIVRE I. OBSERVATIONS FAITES EN ESPAGNE ET AUX ÎLES CANARIES.

Barcelone, n. 3.

Montserrat, n. 5.

Col de Balaguer, n.º.

Venta de la Sanieta, ibid.

Valence, p. 9.

Latitude, p. 10.

Longitude, p. 11.

Ruines de l'ancienne Sagonte. Château de Murviedro, p. 17.

Madrid, p. 18.

Аргумент, р. 20.

Latitude, p. 21.

Longitude, p. 22.

La Corogne, p. 24.

Le Ferrol, *ibid.*

Cádiz, p. 25.

Astronomie.

Carthagène du Levant, p. 26.
 Isles Canaries. Sainte-Croix de Ténériffe, p. 27.
 Recherches sur la marche du chronomètre et sur les longitudes déterminées
 par le transport du temps, p. 30.

LIVRE II. ISLES VOISINES DE LA CÔTE DE CUMANÁ. NOUVELLE-ANDALOUSIE.

Tabago. La Trinité. Bouche-du-Dragon. Cap des Trois-Pointes, p. 34.

Coche, p. 39.

Cabo Macanao, p. 41.

Cumana, p. 42.

Latitude, *ibid.*

Détermination du temps, p. 44.

Longitude, p. 43.

1. Par le chronomètre, p. 64.

2. Par des distances lunaires, p. 66.

3. Par l'observation de l'éclipse de soleil du 28 octobre 1799, p. 68.

4. Par des observations d'occultations des satellites de Jupiter, p. 79.

Saline d'Araya, p. 93.

Voyage dans l'intérieur de la Nouvelle-Andalousie. Cerro del Imposible, p. 94.

San Fernando, p. 95.

Cumanacoa, *ibid.*

Cerro del Cocollar, p. 97.

San Antonio, p. 99.

Caripe, p. 100.

Recherches sur la marche du garde-temps et sur la détermination des longitudes
 chronométriques, p. 103.

*Supplément au second Livre. Essai sur les réfractions astronomiques dans
 la zone torride, correspondantes à des angles de hauteurs plus petits
 que dix degrés, et considérées comme effet du décroissement du calorique,
 par A. DE HUMBOLDT.*

Partie historique, p. 110.

Partie physique.

Oxygène et azote, p. 115.

Hydrogène et acide carbonique, p. 117.

Condensation, p. 120.

Humidité. Brume. Nuages, p. 122.

Décroissement du calorique, p. 126.

Voyages dans les Andes, p. 128.

Température moyenne de toute l'année. Effet des plateaux, p. 130.

Température des sources, p. 132.

Cavernes, p. 133.

- Limite des neiges perpétuelles, p. 154.
- Expériences faites en Europe sur le décroissement du calorique, p. 157.
- Effet du froid des plaines sur la loi du décroissement du calorique, p. 158.
- Variations des réfractions horizontales, p. 140.
- Partie astronomique, p. 145.
- Note de M. DELAMBRE sur les réfractions astronomiques observées à Pondichéry, en 1769, p. 148.
- Note de M. MATHIEU sur le décroissement du calorique sous le cercle polaire, p. 155. (Conférez aussi l'Introduction, p. 61).

LIVRE III PROVINCE DE VENEZUELA. LLANOS. ORINOCO ET RIO NEGRO. NOUVELLE-BARCELOSE.

Caraccas.

- Détermination de latitude, p. 158.
- Détermination du temps, p. 163.
- Détermination de la longitude.
 1. Par le chronomètre, p. 167.
 2. Par des distances de la lune au soleil et aux étoiles, p. 169.
 3. Par les éclipses des satellites de Jupiter, p. 176.

Iles de Pirito, p. 184.

Venta Grande, p. 185.

Cabo Blanco, p. 191.

Silla de Caraccas, p. 192.

Voyage dans l'intérieur de la province de Caraccas et dans celle de la Guayana,

Hacienda del Tui, 194.

La Victoria, p. 197.

Hacienda de Cura, p. 199.

Nueva Valencia, p. 202.

Portocabello, p. 204.

Gnacara, p. 207.

Guigue, p. 209.

Villa de Cura, p. 210.

San Juan, p. 211.

Calabozo, p. 212.

San Fernando de Apure, p. 215.

Rivière de l'Orénoque.

1. Orinoco, entre les embouchures de l'Apure et du Guaviare.

Bocca del Rio Apure, p. 217.

Cucuruparu, p. 218.

Uruana, p. 220.

- Bocca del Rio Meta, p. 222.
 Isla de Panumana, p. 223.
 Atures, p. 224.
 Maypures, p. 227.
 Piedra Raton, p. 229.
2. Rivières de Tuamini, Temi et Guainia (ou rivière noire, Rio Negro).
 San Fernando de Atabapo, p. 231.
 Conuco de Guapasoso, p. 232.
 La Divina Pastora de San Balthasar de Atabapo, p. 235.
 Javita, p. 255.
 Fuerte de San Carlos del Rio Negro, p. 256.
3. Rio Cassiquiare.
 Piedra de Culimacari, p. 239.
 Mandavaca, p. 241.
4. Orinoco, depuis sa source jusqu'à l'embouchure du Guaviare.
 Esmeralda, p. 242.
 Santa Barbara del alto Orinoco, p. 245.
5. Orinoco, depuis l'embouchure de l'Apure jusqu'à San Thomas de la Guayana.
 San Rafael del Capuchino, p. 244.
 Puerto de los Frailes, p. 246.
 Bocca del Inferno, *ibid.*
 Real Cotoña, p. 247.
 San Thomas de la Nueva Guayana ou Angostura, p. 49.
 Villa del Pao, 255.
 Nueva Barcelona, p. 256.
- Examen de la marche du chronomètre.
1. Voyage à l'Orénoque, p. 261.
 2. Navigation sur l'Orénoque et le Rio Negro, *ibid.*
 3. Voyage de San Thomas de la Nueva Guayana à Cumana, p. 264.
- Déterminations de longitude.
1. Voyage de Caraccas au confluent de l'Apure et de l'Orénoque, p. 265.
 2. Voyage de la Bocca del Rio Apure à Cumana, p. 268.
 3. Voyage sur l'Orénoque et le Rio Negro.
 - a. Entre la Bocca de Apure et les Raudales, p. 273.
 - b. Entre les Raudales et San Fernando de Atabapo, 275.
 - c. Entre San Fernando de Atabapo et l'Esmeralda, sur le Cassiquiare et le Rio Negro, p. 276.
- Tableau général des longitudes et latitudes déterminées dans ce livre, p. 279.

NIVELLEMENT BAROMÉTRIQUE FAIT DANS LES RÉGIONS ÉQUATORIALES DU NOUVEAU CONTINENT, EN 1799, 1800, 1801, 1802, 1803 ET 1804.

Sur le calcul des mesures barométriques, par M. OLTMANN, p. 285.

Nivellement barométrique, accompagné de notes géologiques et physiques, par M. DE HUMBOLDT.

I. Province de la Nouvelle-Andalousie ou de Cumana.

1. Voyage aux montagnes du Cocollar, p. 293.
2. Voyage au convent de Caripe et à la caverne du Guacharo, *ibid.*

II. Province de Venezuela ou de Caracacas.

1. Voyage de la Guayra à Caracacas, p. 296.
2. Voyage de Caracacas à la Silla, cime de la Sierra de Avila, p. 297.
3. Voyage de Caracacas aux vallées d'Aragua et aux Llanos del Apure, *ibid.*

III. Province de la Guayana. Navigation sur les rivières de l'Orénoque, de l'Atabapo, du Guainia et du Cassiquiare, p. 298.

IV. Royaume de la Nouvelle-Grenade.

1. Navigation sur la rivière de la Magdeleine, p. 299.
2. Voyage de Honda au plateau de Santa-Fé de Bogota, *ibid.*
3. Grandes plaines de Bogota, p. 300.
4. Voyage de Santa-Fé de Bogota à Ibagué, *ibid.*
5. Passage de la Cordillère centrale des Andes, par la montagne de Quindiu, p. 301.
6. Voyage de Carthago à Popayan, à l'occident de la Cordillère centrale des Andes, p. 303.
7. Voyage au volcan de Puracé, p. 304.
8. Voyage de Popayan à Pasto, par Almaguer, sur la pente occidentale des Andes, *ibid.*
9. Voyage de Pasto à Tulcan, à travers la province de los Pastos, p. 306.

V. Royaume de Quito.

1. Voyage de Tulcan à Quito, p. 307.
2. Voyage aux volcans voisins de la ville de Quito, p. 308.
3. Voyage de Quito au volcan de Tunguragua et au Nevado del Chimborazo, p. 310.
4. Voyage sur le dos de la Cordillère des Andes, de Riobamba à Loxa, p. 311.
5. Voyage de Loxa à la province de Jaen de Bracamoros et à la rivière des Amazones, p. 313.

VI. Royaume du Pérou.

1. Passage de la Cordillère des Andes, entre la rivière des Amazones et les côtes de la mer du Sud, p. 316.
2. Voyage le long des côtes de la mer du Sud ou du Grand-Océan, p. 317.

VIII. Royaume de la Nouvelle-Espagne.

1. Voyage d'Acapulco à Mexico, p. 518.
2. Voyage de Mexico aux mines de Pachuca, à la caverne de Dantoe et au rocher des Organos d'Actopan, p. 520.
3. Voyage de la ville de Mexico à Guanajuato, p. 522.
4. Environs de Guanajuato, p. 524.
5. Voyage de Guanajuato à Valladolid, p. 526.
6. Voyage de Valladolid au volcan de Jorullo, p. 527.
7. Voyage de Valladolid à Toluca, p. 528.
8. Voyage à la cime du Nevado de Toluca, p. 529.
9. Voyage de Toluca à la ville de Mexico, p. 530.
10. Voyage de Mexico à la ville de la Puebla de los Angeles, *ibid.*
11. Voyage de la Puebla de los Angeles à Pérote, p. 531.
12. Voyage de Pérote à la cime du Coffre, p. 532.
13. Voyage de Pérote à Xalapa, p. 533.
14. Voyage de Xalapa à la Vera-Cruz, p. 534.

TABLES HYPOMÉTRIQUES, OU TABLES AUXILIAIRES POUR LE CALCUL DES HAUTEURS À L'AIDE DU BAROMÈTRE, D'APRÈS LA FORMULE DE M. LA PLACE, PAR M. OLYMANNS.

Table I, p. 537.

Table II, p. 542.

Table III, p. 548.

Table auxiliaire pour la méthode logarithmique, p. 551.

Table auxiliaire pour la réduction des toises en mètres, p. 554.

Sur la construction des tables hypsométriques, p. 555.

Instruction sur l'usage des tables hypsométriques, p. 560.

Sur les mesures de hauteurs faites à l'aide du baromètre pendant le cours du voyage aux régions équinoxiales du nouveau continent, par M. DE HUMBOLDT, p. 563.

Sur la hauteur absolue de plusieurs lieux du nouveau continent, par M. OLYMANNS, p. 574.

FIN DE LA TABLE DU PREMIER VOLUME.

646998



CORRECTIONS A FAIRE DANS LE PREMIER VOLUME.

Disons tout, page 124, ligne 2, en lieu d'Hadley; lisez Hadley.

Page 124, ligne 4 d'en bas, au lieu de $37^{\circ} 54'$; lisez $37^{\circ} 54' 30''$.

Page 124, ligne 12, au lieu de Sienius; lisez Sienius.

Page 124, ligne 12, au lieu de Manjus; lisez Manjus.

Page 124, ligne 12 d'en bas, au lieu de $3^{\circ} 45' 5''$, on $12^{\circ} 45' 5''$; lisez $3^{\circ} 45' 5''$, on $12^{\circ} 45' 5''$.

Page 124, ligne 12, au lieu de $5'$; lisez $5'$.

Page 124, ligne 12, au lieu de Morvedro; lisez Morvedro.

Page 124, dans le tableau, la 2^e colonne doit être ainsi: $115^{\circ} 26' 56''$.

$115^{\circ} 26' 56''$.

$115^{\circ} 26' 56''$.

$115^{\circ} 26' 56''$.

Page 124, ligne 8, 9 et 11, au lieu de Balaguet, Sienius, et Morvedro; lisez Balaguet, Morvedro et Sienius.

Page 124, avant-dernière ligne, au lieu de 2 jours; lisez 2 jours.

Page 124, ligne 1, au lieu du soleil, lisez de l'ail.

Ligne 19 d'en bas, au lieu de $5^{\circ} 55'$; lisez $5^{\circ} 55' 12''$.

Ligne 12 d'en bas, au lieu de $60^{\circ} 11' 59''$; lisez $60^{\circ} 11' 59''$.

Page 124, avant-dernière ligne, au lieu de $7^{\circ} 54' 22''$; lisez $7^{\circ} 54' 22''$.

Page 124, dans le tableau, 2^e colonne, ligne 1, au lieu de $5^{\circ} 18'$; lisez $5^{\circ} 18' 12''$.

Page 124, ligne 12, au lieu de $12^{\circ} 15' 5''$; lisez $12^{\circ} 15' 5''$.

Ligne 2 d'en bas, au lieu de $12^{\circ} 15' 5''$; lisez $12^{\circ} 15' 5''$.

Page 124, avant-dernière ligne, au lieu de $12^{\circ} 15' 5''$; lisez $12^{\circ} 15' 5''$.

Page 124, ligne 2 d'en bas, au lieu de $4^{\circ} 12' 26''$; lisez $4^{\circ} 12' 26''$.

Page 124, ligne 12, au lieu de Madrid; lisez Comma.

Page 124, ligne 12, au lieu de $3^{\circ} 58' 52''$; lisez $3^{\circ} 58' 52''$.

Page 124, ligne 12 d'en bas, au lieu de $4^{\circ} 12' 26''$; lisez $4^{\circ} 12' 26''$.

Page 124, ligne 12, au lieu de $56^{\circ} 51'$; lisez $56^{\circ} 51'$.

Page 124, au lieu de $42^{\circ} 42'$; lisez 42° .

Ligne 2 d'en bas, au lieu de $5^{\circ} 41'$; lisez $5^{\circ} 41' 12''$.

Page 124, ligne 12, au lieu d'Impossible; lisez Impossible.

Page 124, ligne 12 d'en bas, au lieu de $51^{\circ} 52' 55''$; lisez $51^{\circ} 52' 55''$.

Page 124, ligne 12, au lieu de forme moyen $5^{\circ} 30'$; lisez $5^{\circ} 30' 30''$.

Ligne 2 d'en bas, au lieu de $3^{\circ} 7'$; lisez $3^{\circ} 7'$.

Ligne 2 d'en bas, au lieu de $5^{\circ} 45'$; lisez $5^{\circ} 45' 12''$.

Page 124, avant-dernière ligne, au lieu de $3^{\circ} 45'$; lisez $3^{\circ} 45' 12''$.

Page 124, dans le tableau, 2^e et 3^e colonnes, l'on a mis le signe des Amers au lieu du signe des degrés.

Page 124, ligne 2 d'en bas, ajoutez progression.

Page 124, ligne 2, au lieu de Suenberg; lisez Suenberg.

Page 124, ligne 2, au lieu de il fixe les longitudes; lisez il fixe les longitudes et les latitudes.

Page 124, ligne 12, au lieu de $12^{\circ} 15' 5''$; lisez $12^{\circ} 15' 5''$.

Page 124, ligne 2 d'en bas, au lieu de $5^{\circ} 42'$; lisez $5^{\circ} 42' 12''$.

Page 124, dans le tableau, au lieu de hauteur; lisez double hauteur.

Page 124, ligne 12, au lieu de $1^{\circ} 10'$; lisez $1^{\circ} 10'$.

Page 124, ligne 2 d'en bas, au lieu de $4^{\circ} 26'$; lisez $4^{\circ} 26'$.

Page 124, ligne 2, au lieu de parallèles; lisez parallèles, $8^{\circ} 45'$.

Page 124, ligne 2 d'en bas; lisez de la lancha $1^{\circ} 10'$, donc en un jour 51 heures — $24^{\circ} 5'$.

Page 124, ligne dernière, au lieu de 12 ; lisez 12 jours.

Page 124, ligne 12 d'en bas, au lieu de $37^{\circ} 8' 11''$; lisez $37^{\circ} 8' 11''$.

Page 124, ligne 12, dans le tableau, 2^e colonne, au lieu de $3^{\circ} 51'$; lisez $3^{\circ} 51' 12''$.

Page 124, ligne 2, au lieu de $69^{\circ} 20' 45''$; lisez $69^{\circ} 20' 45''$.

Ligne 2 d'en bas, au lieu de $5^{\circ} 42'$; lisez $5^{\circ} 42'$.

Ligne 12, au lieu de $3^{\circ} 12'$; lisez $3^{\circ} 12' 12''$.

Page 124, ligne 2 d'en bas, au lieu de $77^{\circ} 41'$; lisez $77^{\circ} 41' 12''$.

Page 124, ligne 2, au lieu de $12^{\circ} 15' 5''$; lisez $12^{\circ} 15' 5''$.

- Page 205, ligne 8 d'en bas, au lieu de $15^{\circ} 45'$ $45'$; lisez $45^{\circ} 45'$ $45'$;
 ligne 7 d'en bas, au lieu de $\frac{1}{4}$ 794 2 9, lisez + 0,794 2 9.
 Page 208, ligne 3 d'en bas, au lieu de $27^{\circ} 45'$ $55'$; lisez $27^{\circ} 45'$ $55'$.
 Page 209, ligne 13 d'en bas, au lieu de $120^{\circ} 4'$ $15'$; lisez $120^{\circ} 5'$ $15'$.
 ligne 12 d'en bas, au lieu de $120^{\circ} 4'$ $15'$; lisez $120^{\circ} 5'$ $15'$.
 Page 211, ligne 7 d'en bas, au lieu de $120^{\circ} 4'$ $15'$; lisez $120^{\circ} 5'$ $15'$.
 Page 212, ligne 5, au lieu de $(12^{\circ} 11')$; lisez $(20^{\circ} 11')$.
 Page 212, ligne 7 d'en bas, au lieu de $20^{\circ} 27'$ $48'$; lisez $20^{\circ} 27'$ $25'$.
 lisez.
 Page 215, ligne 3 d'en bas, au lieu de $3^{\circ} 54'$ $57'$ $56'$; lisez $3^{\circ} 54'$ $57'$ $56'$.
 Page 215, ligne 5 d'en bas, au lieu de $3^{\circ} 54'$ $57'$ $56'$; lisez $3^{\circ} 54'$ $57'$ $56'$.
 Page 215, ligne 4 d'en bas, au lieu de $3^{\circ} 54'$ $57'$ $56'$; lisez $3^{\circ} 54'$ $57'$ $56'$.
 Page 217, ligne 11 d'en bas, au lieu de $2^{\circ} 15'$ $45'$; lisez $2^{\circ} 15'$ $45'$.
 Page 219, ligne 2 d'en bas, au lieu de $11^{\circ} 34'$ $16'$; lisez $11^{\circ} 34'$ $46'$.
 ligne 12 d'en bas, au lieu de $2^{\circ} 56'$ $55'$; lisez $12^{\circ} 56'$ $55'$.
 ligne 6 d'en bas, au lieu de $5^{\circ} 57'$ $56'$; lisez $5^{\circ} 57'$ $56'$.
 Page 225, ligne 8 d'en bas, au lieu de $25^{\circ} 8'$ $55'$; lisez $25^{\circ} 10'$ $55'$.
 Page 228, ligne 8, au lieu de $12^{\circ} 0'$ $55'$; lisez $12^{\circ} 10'$ $55'$.
 ligne 10, déclinaison australe; lisez déclinaison boréale.
 Page 229, ligne 13, au lieu de $12^{\circ} 10'$ $55'$; lisez $12^{\circ} 10'$ $55'$.
 ligne 5 d'en bas, au lieu de $12^{\circ} 10'$ $55'$; lisez $12^{\circ} 10'$ $55'$.
 Page 230, dernière ligne, au lieu de $4^{\circ} 45'$ $28'$; lisez $4^{\circ} 45'$ $28'$; lisez $4^{\circ} 45'$ $28'$; lisez $4^{\circ} 45'$ $28'$.
 Page 231, ligne 9 d'en bas, au lieu de $11^{\circ} 21'$ $25'$; lisez $11^{\circ} 21'$ $25'$.
 Page 232, ligne 7 d'en bas, au lieu de $7^{\circ} 56'$ $54'$; lisez $7^{\circ} 56'$ $54'$.
 Page 233, ligne 11 d'en bas, au lieu de $2^{\circ} 20'$ $45'$; lisez $2^{\circ} 20'$ $45'$.
 lignes 2 et 3 d'en bas, au lieu de $0^{\circ} 6'$ $48'$ et $0^{\circ} 6'$ $51'$; lisez $2^{\circ} 20'$ $45'$ et $2^{\circ} 20'$ $45'$.
 Page 235, ligne 13 d'en bas, au lieu de $12^{\circ} 10'$ $55'$; lisez $12^{\circ} 10'$ $55'$.
 Page 238, ligne 8, au lieu de $12^{\circ} 10'$ $55'$; lisez $12^{\circ} 10'$ $55'$.
 ligne 9, au lieu de $12^{\circ} 10'$ $55'$; lisez $12^{\circ} 10'$ $55'$.
 Page 242, ligne 10, au lieu de $12^{\circ} 10'$ $55'$; lisez $12^{\circ} 10'$ $55'$.
 ligne 11, au lieu de $12^{\circ} 10'$ $55'$; lisez $12^{\circ} 10'$ $55'$.
 ligne 12 d'en bas, au lieu de $2^{\circ} 15'$ $45'$; lisez $12^{\circ} 15'$ $45'$.
 ligne 10 d'en bas, au lieu de $12^{\circ} 10'$ $55'$; lisez $12^{\circ} 10'$ $55'$.
 Page 244, ligne 17, au lieu de $2^{\circ} 37'$ $47'$; lisez $2^{\circ} 37'$ $47'$.
 ligne 20, au lieu de $12^{\circ} 10'$ $55'$; lisez $12^{\circ} 10'$ $55'$.
 Page 261, ligne 10, ajoutez: le thermomètre exposé à la réverbération du sol.
 Page 261, n.° 245, au lieu de *Micropompe*; lisez *Micropompe*.
 Page 261, ligne 14 d'en bas, au lieu de $6^{\circ} 45'$ $28'$; lisez $6^{\circ} 45'$ $28'$.
 Page 261, n.° 260, au lieu de $18^{\circ} 56'$ $28'$; lisez $18^{\circ} 56'$ $28'$.
 Page 261, ligne 2 d'en bas, au lieu de $12^{\circ} 10'$ $55'$; lisez $12^{\circ} 10'$ $55'$.
 Page 267, ligne 24, au lieu de *pegasse*; lisez *passage*.

